



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## SVAŘOVÁNÍ KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU

WELDING OF STAINLESS STEELS IN FOOD INDUSTRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

VÍT STANĚK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2013



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Vít Staněk

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

**Svařování korozivzdorných ocelí v potravinářském průmyslu**  
v anglickém jazyce:

### **Welding of stainless steels in food industry**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Potravinářský průmysl vyžaduje vysokou hygienickou úroveň zpracovatelských provozů. Z

běžných kovových materiálů nejlépe splňuje tyto požadavky vysokolegovaná chromniklová

austenitická ocel, nebo chromová martenzitická ocel. Práce je zaměřena na hodnocení možných

technologií svařování velkorozměrných nádob na víno.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Provedení rozboru typů, velikostí a aplikací nádob.
- 2) Návrh možných technologií svařování z pohledu zajištění vysokých hygienických požadavků.
- 3) Provedení experimentálních svarů u vybraných technologií.
- 4) Vyhodnocení experimentu, vypracování WPS.
- 5) Závěrečné zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

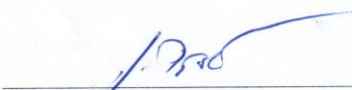
1. DVOŘÁK, M. a kol. Technologie II, 2vyd. CERM Brno, 7/2004, 237s. ISBN 80-214-2683-7
2. PILOUS, V. Materiály a jejich chování při svařování, 1vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009
3. BARTÁK, J. Výroba a aplikované inženýrství, 1vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009
4. KOLEKTIV AUTORŮ. Materiály a jejich svařitelnost, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 292s. ISBN 80-85771-85-3
5. KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 395s. ISBN 80-85771-81-0
6. KOLEKTIV AUTORŮ. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 1999, 249s. ISBN 80-85771-70-5
7. KOLEKTIV AUTORŮ. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, 1vyd. Zeross, Ostrava 2000, 214s. ISBN 80-85771-72-1

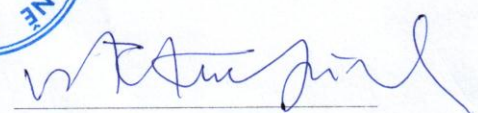
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 20.11.2012



  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

STANĚK Vít: Svařování korozivzdorných ocelí v potravinářském průmyslu.

---

Práce, vytvořená v rámci bakalářského studia, se zabývá technologií svařování potravinářských nádob, konkrétně CTK. Jsou zde uvedeny některé technologie s jejich výhodami, nevýhodami a specifikacemi při svařování nerezových ocelí. U vybraného CTK je uveden postup výroby, v rámci experimentu byly vytvořeny svary, které se hodnotili a WPS.

### **Klíčová slova:**

Svařování, Korozivzdorná ocel, Pivo

## **ABSTRACT**

STANĚK Vít: Welding of stainless steels in food industry.

---

The work, created in the bachelor degree, is engaged in welding technology food containers, namely CTK. There are some technologies with their advantages, disadvantages and specifications for welding stainless steels. The selected CTK is given manufacturing process, in the experiment were created welds, which are evaluated and WPS.

### **Keywords:**

Welding, Stainless steel, Beer

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

STANĚK, Vít. *Svařování korozivzdorných ocelí v potravinářském průmyslu*. Brno, 2013. 41s, 10 příloh, CD. Bakalářská práce: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího b. práce.

V Brně dne 24.5.2013

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubíčkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.





# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD .....	9
1. LEŽÁCKÉ TANKY .....	10
1.1. Typy ležáckých tanků .....	10
1.2. Velikosti a aplikace tanků .....	11
2. MATERIÁLY V POTRAVINÁŘSTVÍ .....	12
3. SVAŘOVACÍ TECHNOLOGIE .....	14
3.1. Svařování metodou WIG .....	14
3.2. Svařování metodou MAG .....	16
3.3. Svařování pod tavidlem .....	19
3.4. Plazmové svařování .....	21
3.5. Svařování laserem .....	23
3.6. Svařování elektronovým paprskem .....	25
3.7. Zhodnocení technologií .....	27
4. EXPERIMENT .....	28
4.1. Specifikace CTK .....	28
4.2. Výroba CTK .....	29
4.3. Experiment .....	36
5. ZÁVĚR .....	39

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SEZNAM VZORCŮ

SEZNAM PŘÍLOH

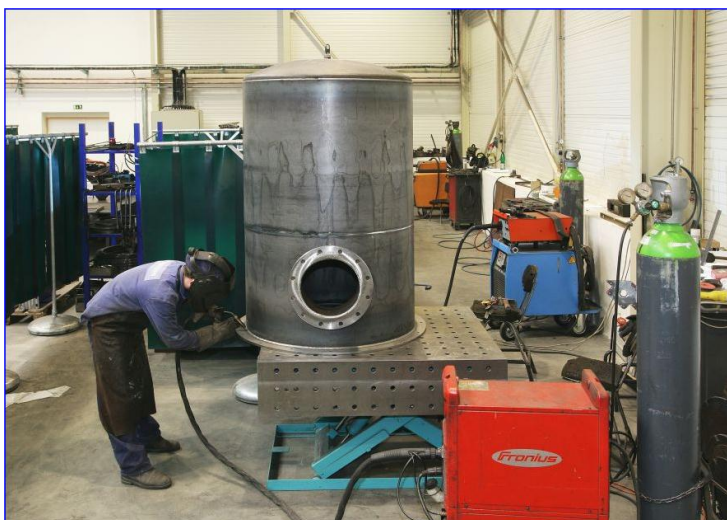
PŘÍLOHY

# ÚVOD

Potravinářský průmysl je odvětví, které je velmi náročné a specifické na hygienické požadavky, kvalitu a bezpečnost výroby. Použité materiály, které přichází do styku s potravinami, musí mít takové vlastnosti, aby splňovaly příslušné normy. Materiály musí být chemicky stálé, netečné k potravinám, nesmí podléhat vnějším vlivům, jako korozi a chemicky agresivnímu prostředí.

Takové vlastnosti splňují nejvíce oceli korozivzdorné, které se často nazývají nerezové, a které můžeme potkat ve všech potravinářských provozech, od zpracování, skladování, až po kuchyně.

V mojí bakalářské práci se zaměřím na výrobu tlakových nádob z nerezové oceli metodou svařování (Obr. 1). Konkrétní svařenec jsem si vybral ležácký tank v minipivovaru Santon (Obr. 2) od firmy Nerez Blučina. V práci se budu zabírat možnými technologiemi výroby z hlediska dodržení vysokého hygienického standardu, rozбором svařování nádoby a provedením experimentálních svarů, které budou odpovídat svarům na nádobě.



Obr. 1 - Ukázky svařování [25]



Obr. 2 – CTK v pivovare Santon

# 1. LEŽÁCKÉ TANKY [7], [8], [14]

Jsou to ležaté nebo stojaté nádoby různých průřezů s klenutými dny, které slouží k dokvašování a ležení piva (obr 2). V těchto nádobách pivo leží po dobu několika týdnů. Takzvaná mladina (roztok obsahující vyextraktované látky jako cukr, chmel



Obr. 3 – Ležácké tanky [8]

a jiné) se přepustí z varny do ležáckých tanků, kde při teplotách okolo 6-12°C a přidáním kvasinek začíná hlavní kvasný proces. Ten se po 7-12 dnech ukončí snížením teploty pod 4°C, kdy mluvíme o dokvašování, které trvá až 3x déle než hlavní kvašení. Kvašení probíhá v rozmezí tlaků 0,1-0,2 MPa. Jedné se o kvašení spodní, u nás nejrozšířenější. Tento

postup je běžný u malých minipivovarů, velké

pivovary po uvaření nechávají mladinu přepustit do spilky, kde pivo zakvasí a po 8-12 dnech nechávají zaležet v ležáckých tankách na dokvašení.

Tanky se nejčastěji vyrábějí z ocelí AISI 304, AISI 316Ti, AISI 321 atd. Výroba je zakázková a s každým konkrétním zákazníkem jsou řešeny individuálně tvary, rozměry, požadavky a objemy.

## 1.1. Typy ležáckých tanků

V základu si můžeme rozdělit ležácké tanky na dva typy. Podle orientace v pracovní poloze mluvíme o stojatých tankách (obr 3) a o ležatých tankách (obr 4).



Obr. 4 - Vertikální tank [7]



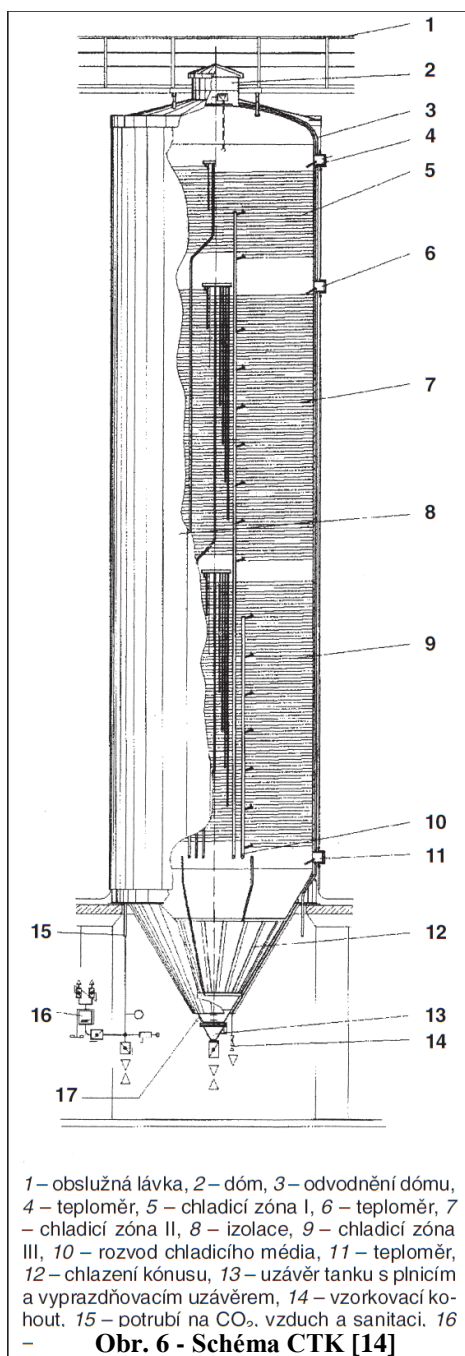
Obr. 5 - Horizontální tank [21]

Stojaté (vertikální) tanky mají dno vyvedené do kužele, nebo do kónusu.  
Ležaté (horizontální) tanky se ukládají do spádu k výpustnému otvoru, spád bývá 2°.

Dalším hlediskem, jak tanky rozdělit, je podle tvaru. Tanky se většinou vyrábějí:

- Hranaté se čtvercovým nebo obdelníkovým průřezem
- Oválné kruhového průřezu
- Kulaté
- Přizpůsobené do klenby stropu

## 1.2. Velikosti a aplikace tanků



Nejrozšířenější aplikací u nás představuje technologie výroby piva v CTK (cylindrokónických tancích). CTK (obr. 5) jsou válcové nádoby s kuželovým dnem vyrobené z korozivzdorné oceli s jakostí povrchu vnitřních stěn maximálně Ra 0.8, včetně svarů. Stěny mají plášťové, dvou až čtyř zónové, chlazení a speciální chlazení kuželového dna.

U technologie výroby v CTK je velmi důležitý poměr mezi výškou a průměrem tanku. Tento poměr ovlivňuje kvalitu výsledného produktu. Hodnoty poměru se pohybují v rozmezí 2:1 až 6:1.

Tanky se vyrábí ve velikostech objemů od sta litrů, do několika tisíc hektolitřů. Rozměry těchto tanků dosahují až 40 metrů při průměru 10 metrů.

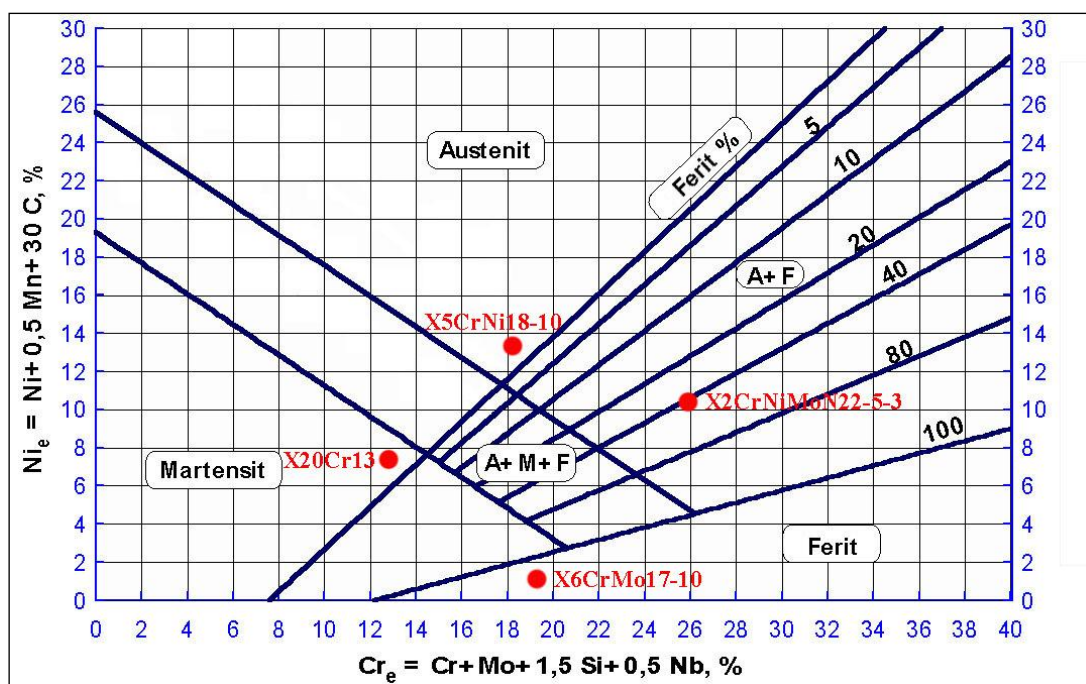


## 2. MATERIÁLY V POTRAVINÁŘSTVÍ [10], [13], [22], [27]

Požadavky na materiály v potravinářském průmyslu jsou, kromě obvyklých nároků na pevnost a mechanické vlastnosti, především korozní odolnost a celková netečnost vůči potravinám, s kterými jsou ve styku, podle rámcového Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1935/2004. Tyto požadavky splňují nejlépe ušlechtilé korozivzdorné oceli, běžně označovány jako nerez. Obsahují minimálně 10,5% chromu, který zajišťuje korozní odolnost a nejvýše 1,2% uhlíku, dalším legujícím prvky jsou nikl, molybden, niob, titan, dusík a síra. Oceli dělíme do čtyř skupin:

- Feritické
- Martenzitické
- Austenitické
- Austeniticko-feritické (duplexní)

Pro určení výslední struktury korozivzdorných ocelí se využívá tzv. Schaefflerova diagramu (obr. 9), který určí složení na základě chromového a niklového ekvivalentu (chrom představuje feritotvorný prvek, nikl austenitotvorný).



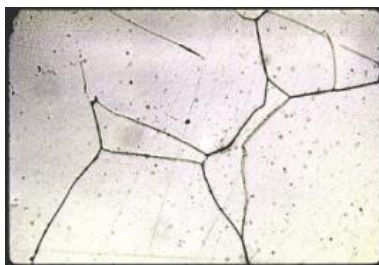
Obr. 7 – Schaefflerův diagram [19]

**Austenitické oceli** (obr.8) jsou nejpoužívanější oceli v potravinářském a nápojářském průmyslu. Mají obsah uhlíku menší jak 0,1%, chromu 12-25%, niklu 8-30% a do 7% molybdenu, pro dosažení dalších vlastností se přidávají další legující prvky (Si, N, Ti a jiné)

Tyto oceli mají výbornou svařitelnost, vysokou houževnatost, žárupevnost žáruvzdornost. Jsou obtížně obrobitelné, vykazují nižší mez kluzu a mají sklon ke koroznímu praskání pod napětím.

Pro svařování se volí oceli zpracované rozpouštěcím žháním (1 050°C s prudkým ochlazením), stabilizované austenitické oceli pak stabilizačně žháný při teplotě 850°C. Svařujeme bez předehřevu, s tepelným příkonem do 1,5 KJ/mm.

Po svařování a pomalém ochlazování dochází v oblasti teplot 450°C - 850°C k precipitaci karbidů chromu po hranicích zrn, což způsobuje mezikrystalickou korozi v kyselém prostředí, nejčastěji v tepelně ovlivněné oblasti blízko svarového spoje. Této korozi se předchází výrazným snížením obsahu uhlíku, nebo přidáním legujících prvků jako je titan a niob.



**Obr. 8 - Struktura austenitické oceli [13],**

Oceli používané na výrobu tanků ve firmě Nerez Blučina jsou AISI 304, AISI 316Ti, AISI 321.

AISI 304 – Chromniklová ocel s obsahem uhlíku menším jak 0,07%, chromu 17-19,5% a 8-10,5% niklu. Celková vynikající korozní odolnost, lze ji velmi dobře vyleštit. Ocel se dobře svařuje, má horší obrobiteľnosť, pretože se zpevňuje za studena. Může pracovat do teplot až 350°C.

Označení podle DIN - X5CrNi18-10 (1.4301), podle ČSN 17 240

AISI 316Ti – Chromniklmolybdenová ocel s obsahem uhlíku menším jak 0,08%, chromu 16,5-18,5%, molybdenu 2-2,5 a niklu 10,5-13,5%. Další významnou legurou je titan. Vyznačuje se velmi vysokou korozní odolností v chemickém prostředí. Při svařování nehrozí výskyt mezikrystalické koroze. Použitelnost do teplot 400°C i pro silné kyseliny.

Označení podle DIN - X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571), podle ČSN 17 348

AISI 321 – Chromniklová ocel s přísadou titanu. Obsah uhlíku je menší jak 0,08%, chromu 17-19 do 2% niklu 10-13 %. Ocel má zvýšenou odolnost proti mezikrystalické korozi, je velmi dobře svařitelná. Leštěním se nedá dosáhnout vysokého lesku. Korozně odolná je až do 800°C.

Označení podle DIN - X6CrNiTi18-10 (1.4541), podle ČSN 17 248

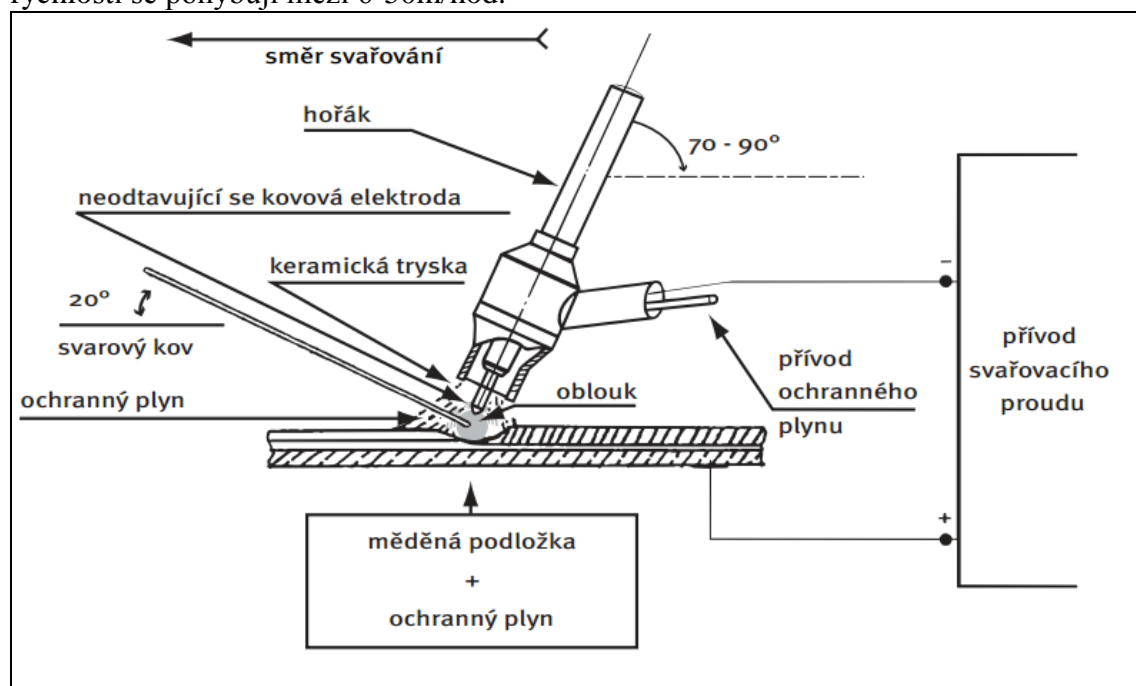
### 3. SVAŘOVACÍ TECHNOLOGIE [3], [4], [6], [12], [15], [16], [17], [19]

Důležitými parametry pro návrh svařovacích technologií jsou zejména pevnost, tažnost a zachování korozní odolnosti u svarů i v tepelně ovlivněné oblasti.

Pro splnění těchto požadavků musí být použito vhodných přídavných materiálů, optimalizovaných svařovacích technologií a konečné opracování spoje. V dnešní době se většina korozivzdorných ocelí svařuje tavnými a odporovými technologiemi, autogenní svařování se nedoporučuje.

#### 3.1. Svařování metodou WIG [20]

Svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu, někdy označována jako TIG. Oblouk hoří mezi legovanou wolframovou elektrodou a svařovaným materiálem pod inertní, nebo mírně redukovanou atmosférou. Elektroda je netavná, používá se přídavného materiálu ve formě drátu nebo tyčky. Princip svařování lze vidět na obrázku 10. Svařovací proud bývá v rozmezí 10-600A, napětí 10-30V, doporučené rychlosti se pohybují mezi 6-50m/hod.



Obr 9 - Princip svařování metodou WIG [3]

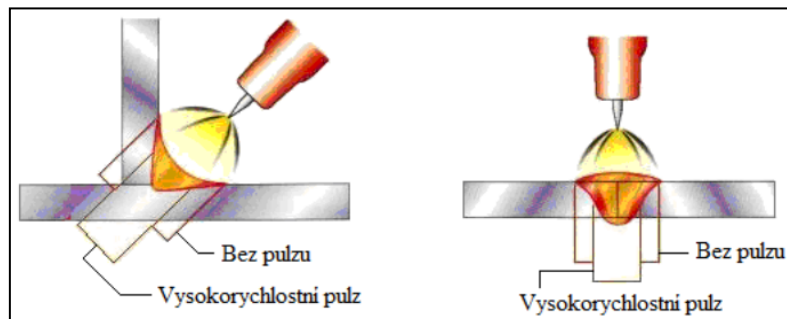
Hlavními výhodami této technologie jsou:

- ✓ Výborná metalurgická kvalita svaru
- ✓ Úzká oblast natavení (malá TOO)
- ✓ Hluboký průvar bez pórů
- ✓ Velmi nízké opotřebování elektrody
- ✓ Elektrický oblouk je velmi stabilní a flexibilní (přesná regulace)
- ✓ Lze svařovat i bez přídavného materiálu



Nevýhody:

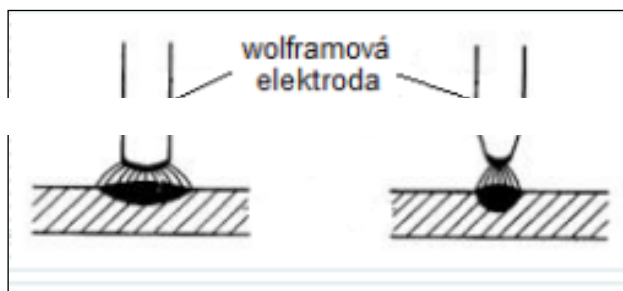
- Nízká účinnost přenosu tepla (asi 60%)
- Vysoká náročnost pro svařovací zařízení i na techniku svářeče
- Nákladné zařízení
- Nízká produktivita (i při mechanizaci)



Obr. 10 - Svařování konstantním a pulzním proudem [19]

U svařování korozivzdorných ocelí dodržuje tyto zásady:

- Způsob svařování DCEN (stejnoseměrný proud s elektrodou na záporném pólu) nebo DCSP (stejnoseměrný proud s přímou polaritou). Dostáváme hluboký a úzký závar. Proud může mít konstantní i pulzní průběh viz obr 11.
- Délka elektrického oblouku by měla odpovídat průměru elektrody podle doporučení výrobců.
- Na 1 mm tloušťky materiálu volit svařovací proudy od 30 do 50A.
- Používat elektrodu WT (wolfram-thorium) nebo WC (wolfram-cern) vybroušenou do hrotu (Obr 13).



Obr. 11 – Tvar hrotu [19]

- Přídavný svařovací materiál musí mít stejné složení a čistotu jako základní materiál pro austenitické oceli, pro martenzitické je možno použít i austenitické přídavné materiály. Pokud je ocel stabilizovaná titanem, je nutno použít přídavný materiál stabilizovaný niobem z důvodu nižšího propalu.
- Ochranné plyny používáme argon, směsi argonu s heliem, dusíkem. U austenitických ocelí je možno použít i směs argonu s vodíkem.

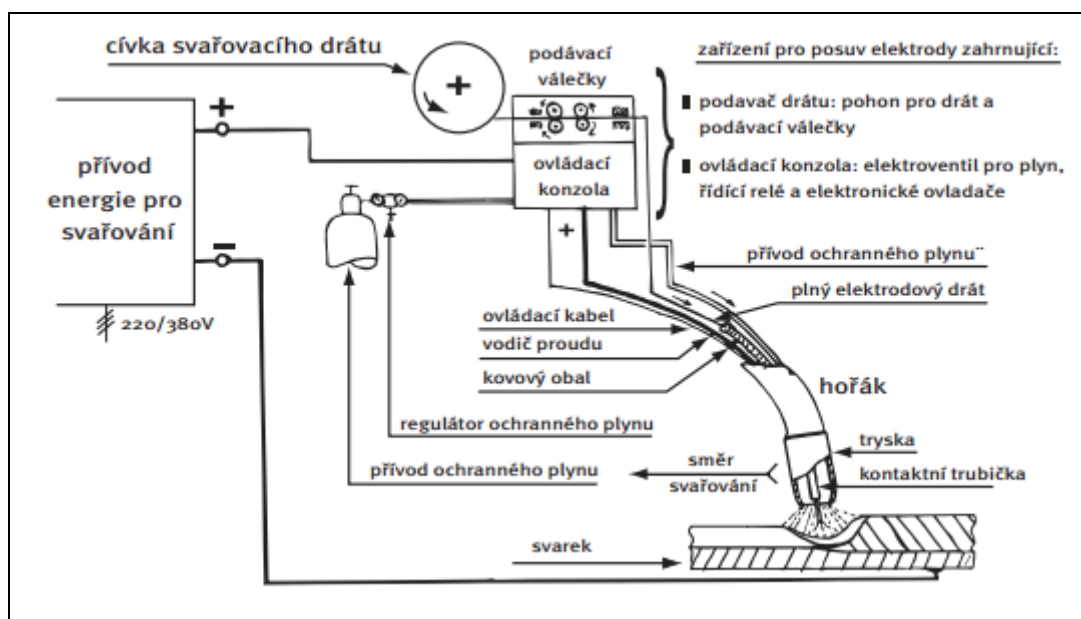
### 3.2. Svařování metodou MAG [26]

Elektrický oblouk hoří mezi tavnou elektrodou a základním materiálem v atmosféře aktivního plynu, který vstupuje do reakce s tavnou lázní. Tato metoda se vyznačuje velmi vysokou proudovou hustotou až 600A/mm při svařovacích proudech od 30A do 800A. Svařovací napětí je dáno vztahem:

$$U=15+0,035 \cdot I \text{ [V]}$$

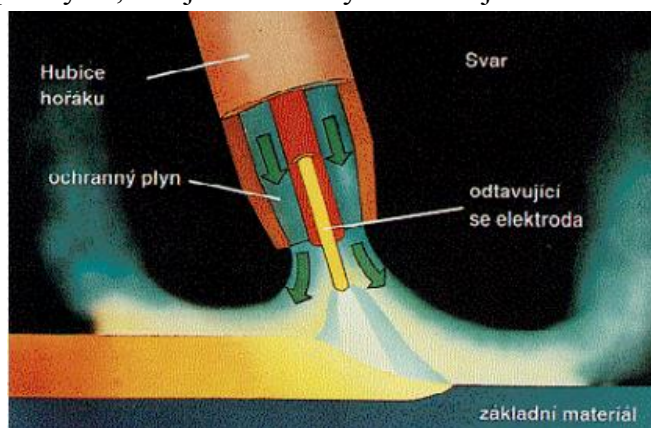
kde  $I$ =svařovací proud [A]

Rychlosti svařování jsou až 1,5m/min, rychlost odtavování elektrodového drátu pak až 8m/min. Drát se podává z automatického podavače přímo hubicí, jeho průměr bývá nejčastěji 0,8 až 1,6mm. Princip svařování lze vidět na obrázku 13 a 14.



Obr. 12 - Princip svařování metodou MAG [3]

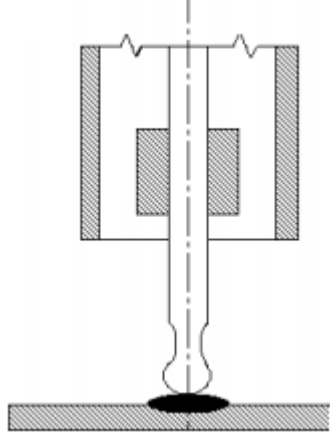
Svařování metodou MAG je často uváděno společně s metodou MIG, která se liší v použití ochranného plynu, ten je u této technologie inertní. Tato technologie není vhodná pro svařování ocelí, kvůli velkému povrchovému napětí tekutého kovu, což způsobuje tvorbu velkých kapek odtaveného drátu, malou hloubku závaru a vysoký návar. Tyto skutečnosti jsou nevyhovující pro svařování korozivzdorných ocelí v potravinářském průmyslu, kde je dbán velký důraz na jakost svaru a materiálu.



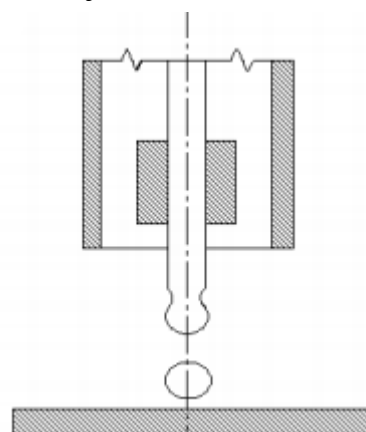
Obr. 13 - Detail hoření oblouku [19]

U této technologie je důležitým parametrem mechanismus přenosu kovu elektrickým obloukem. Ten je závislý především na svařovacím proudu a napětí. Ovlivňuje ho také ochranný plyn, přídavný materiál a svařovací technika. Základní typy přenosu svarového kovu do lázně jsou vidět na obrázcích 15 a 16.

1. Přenos zkratový – Oblouk taví elektrodový drát, na jehož konci roste kapka roztaveného kovu. Ta se dotkne svarové lázně dříve, než se oddělí od samotného drátu, tím nastává zkrat. Po oddělení se elektrický oblouk znovu zapálí a tento proces se opakuje.
2. Přenos bezzkratový – Roztavené kapky kovu jsou velmi malé a oddělí se od drátu dříve, než se dotknou svarové lázně, čímž nedojde ke zkratu.



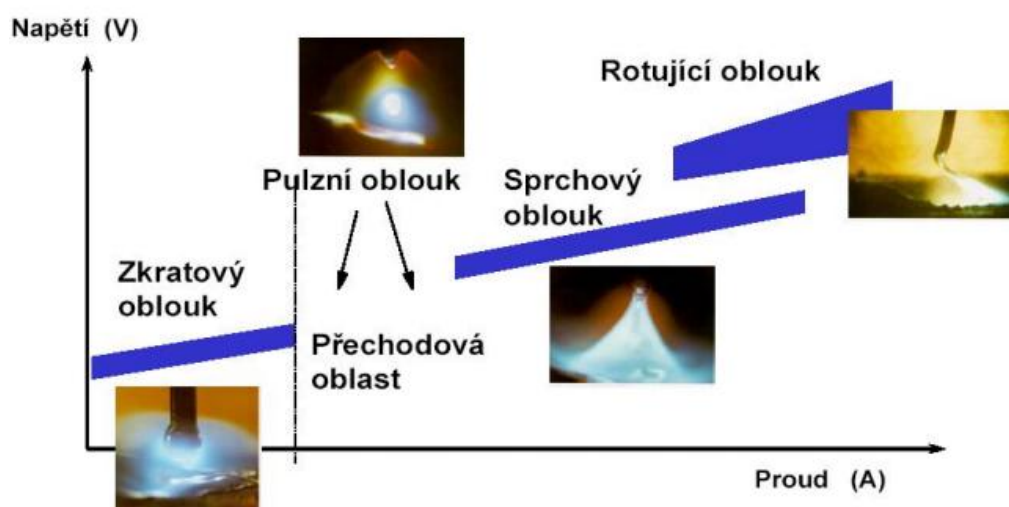
Obr. 14 - Zkratový přenos [19]



Obr. 15 - Bezzkratový přenos [19]

Jednotlivé konkrétní typy přenosů pak jsou vidět na obrázku 17.

- a) Zkratový
- b) Kapkový
- c) Pulzní
- d) Sprchový
- e) Moderovaný
- f) Rotační



Obr. 16 - Typy přenosů [19]

Hlavními výhodami této technologie jsou:

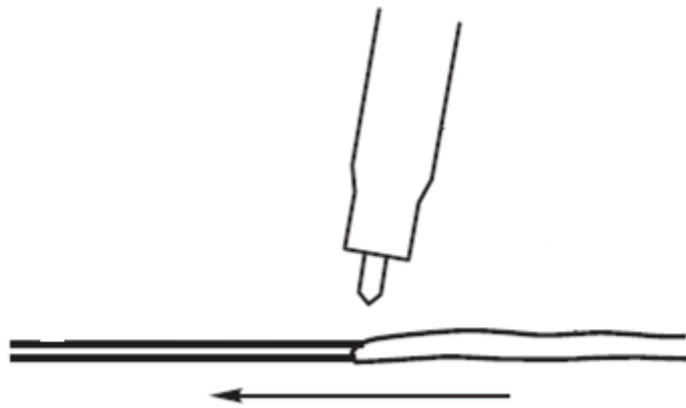
- ✓ Velká efektivita
- ✓ Hluboký závar a výborný profil svaru
- ✓ Vysoká proudová hustota
- ✓ Nízká pórovitost a malá TOO (u vyšších svařovacích rychlostí)
- ✓ Snadná automatizace a mechanizace
- ✓ Minimální tvorba strusky
- ✓ Možnost použití plněných drátů pro ovlivnění kvality svaru

Nevýhody:

- Nutnost kvalitní ventilace (riziko odfouknutí ochranného plynu)
- Vysoké vyzářené teplo do prostoru
- Vyšší nároky na údržbu
- Svařovací zdroj je náročný na obsluhu a má vyšší cenu

Zásady pro svařování korozivzdorných ocelí:

- a) Svařování způsobem DCEP (Stejnoseměrným proudem s elektrodou na kladném pólu) nebo DCRP (Stejnoseměrným proudem s nepřímou polaritou)
- b) Ochranný plyn používat směs argonu s 2% CO<sub>2</sub>, 2% O<sub>2</sub>, nebo s 30 až 50% He a 1 až 2% O<sub>2</sub>.
- c) Doporučuje se využít pulzního způsobu svařování, je možné použít sprchový i zkratový.
- d) Elektrický oblouk vést zcela vpředu u tavné lázně pod úhlem cca 10° (obrázek 18)

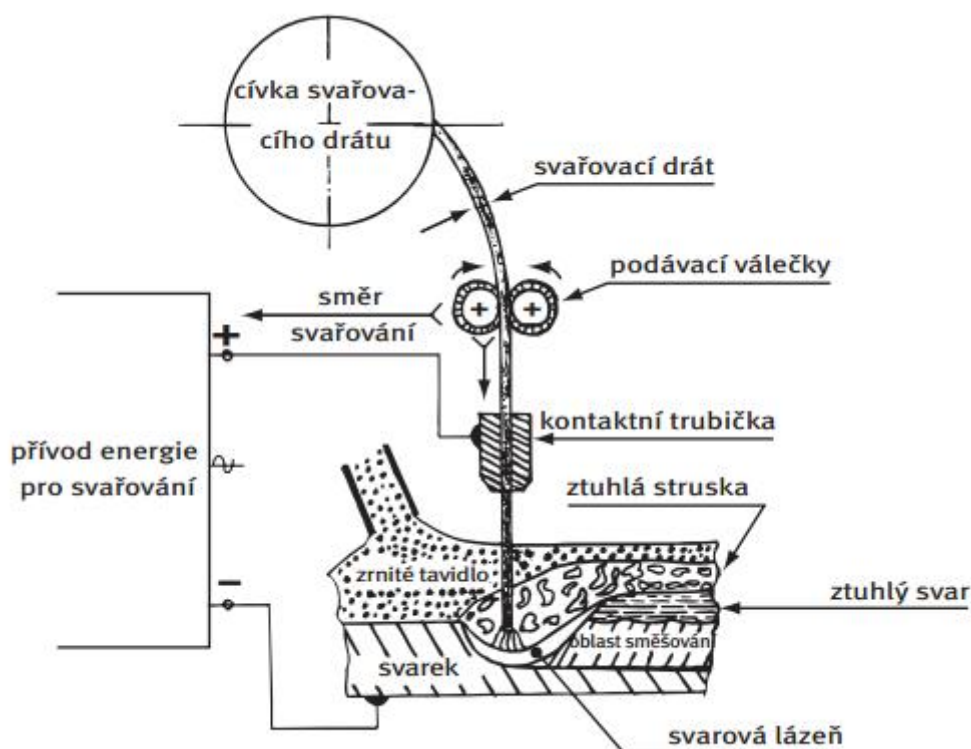


Obr. 17 - Vedení hořáku [26]

- e) Přídavné materiály vhodné pro daný typ materiálu, možnost použití plněných trubic pro zlepšení vlastností svaru

### 3.3. Svařování pod tavidlem [24]

Elektrický oblouk hoří mezi jednou či odtavujícími se elektrodami (drát nebo pásek odvíjený z podavače), a základním materiálem pod vrstvou práškového tavidla. Svařovací proud může být velmi vysoký, od 100 do 2000A, rozsah svařovacího napětí 20-60V a používané svařovací rychlosti se pohybují od 15 do 120 m/h. Svařovací dráty mají větší průměry, od 2 do 8 mm. Z těchto parametrů je patrné, že se touto metodou svařuje silnější materiál od 3mm až do 100mm tloušťky. Princip je vidět na obrázku 19.



Obr. 18 - Princip svařování pod tavidlem [3]

Pro dosažení dokonale stabilního oblouku je nutnost sladění rychlosti posuvu drátu s rychlostí jeho odtavení. Spolu s elektrodovým drátem se taví část tavidla, zbytek je odsáván a vrácen zpět do násypky.

Konstrukčně rozeznáváme dvě řešení, u jednoho je svařovací hlava nehybná a pohybuje se svařenec (typické pro svařování rotačních součástí, viz obrázek 20), druhé řešení má hlavu pohyblivou a svařenec stojí (typické pro svařování dlouhých součástí).



**Obr 19 - Svařování rotační nádoby [24]**

Hlavními výhodami této technologie jsou:

- ✓ Vysoká produktivita.
- ✓ Vysoká svařovací rychlost.
- ✓ Svařování silných materiálů díky hlubokému závaru.
- ✓ Oblouk hořící pod tavidlem neoslňuje okolí.
- ✓ Vysoká jakost svaru.
- ✓ Bez roztříku.

Nevýhody:

- Složitější kontrola svařovacího procesu (svar je zakryt tavidlem).
- Svařování je možno pouze v některých polohách.
- Vyšší nároky na úpravu svarových ploch (dokonalé usazení plechů).
- Drahé zařízení.

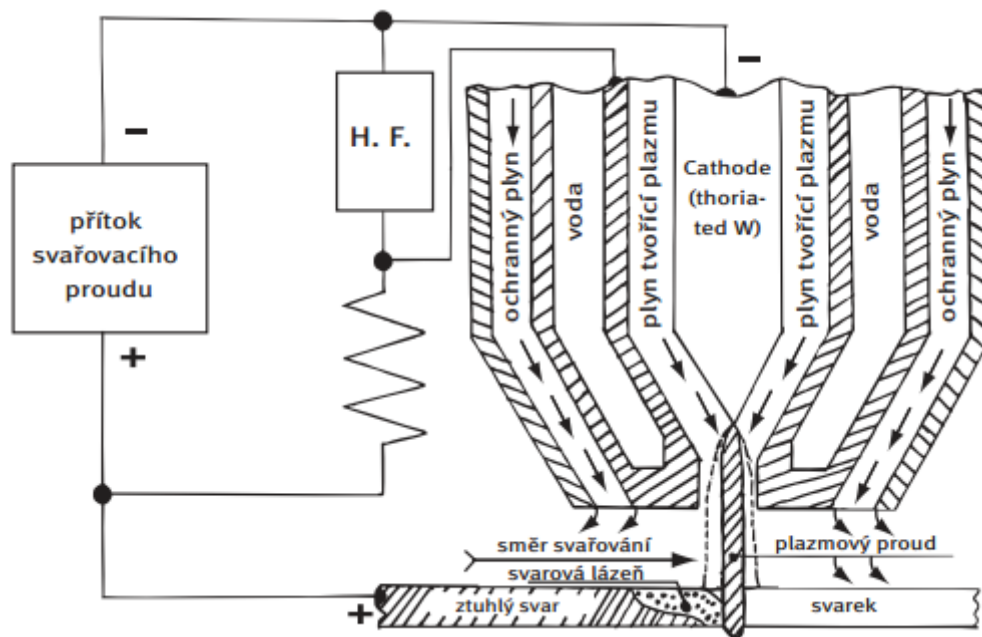
Zásady pro svařování korozivzdorných ocelí:

- a) Tavidlo musí být suché, doporučuje se skladovat při teplotě o 10°C vyšší než je teplota v dílně a s relativní vlhkostí menší jak 50%.
- b) Používáme plněné dráty nebo páskové elektrody jako přídavného materiálu.
- c) Používáme fluoridového tavidla.
- d) U austenitických ocelí se doporučuje po svařování vyžíhat při teplotě 1050°C.
- e) Možnost použití podložení spodní strany svaru drážkovou páskovou ocelí.
- f) Pro austenitické oceli volíme přídavný materiál stejného chemického složení, pro martenzitický je možnost použít i austenitický.



### 3.4. Plazmové svařování [20]

Princip vychází z metody MIG, podstatným rozdílem zde však je usměrnění plazmového oblouku v trysce, čímž dosáhneme energeticky velmi silného proudu plazmy s teplotami mezi 10 000 až 30 000°C. Dalším rozdílem je nutnost použití většího množství ochranného plynu, protože paprsek plazmatu je velmi a není náležitě chráněna lázeň. Velikost svařovacího proudu se pohybuje mezi 110- 300A. Rychlost svařování dosahuje až 0,85 m/min. Princip metody lze vidět na obrázku 3.17.

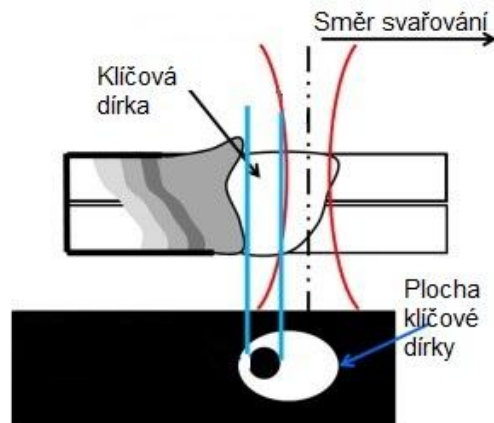


Obr. 20 - Plazmové svařování [3]

Při svařovacím procesu se obecně používají tři druhy plynů:

- Plazmový – nejčastěji čistý argon, nebo směs argon + vodík, argon + helium
- Fokusační – směs argon + vodík, argon + dusík
- Ochranný - stejné jako plazmové

Při automatickém svařování je velmi výhodné použití metody tzv. klíčové dírky (keyhole welding), kde vysoké proudy nad 100A a energie proudění plazmového plynu tvoří velmi výkonný paprsek schopný plného průvaru. Během svařovacího procesu proniká plazmový oblouk do tloušťky stěny kovu, které je poté v důsledku povrchového napětí zalévána roztaveným kovem za klíčovou dírkou při posuvu hořáku vpřed viz obr. 22. Tímto vzniká svar v klíčové dírce. Tato efektivní metoda umožňuje svařovat tupé svary až do tloušťky 8 mm bez úkosu a na jeden průchod. Spotřeba přídavného materiálu se dá snížit až na 10%. Průvar se snadno kontroluje, vzniká i malá TOO.



Obr. 21 - Princip klíčové dírky [9]

Hlavními výhodami této technologie jsou:

- ✓ Výborná stabilita oblouku
- ✓ Velmi vysoká kvalita svaru a výborný vzhled (viz obr. 23)
- ✓ Vyšší rychlost svařování
- ✓ Malá TOO
- ✓ Do tloušťky 8 mm není nutnost úkosovat svarové plochy
- ✓ Lze svařovat na jeden průchod
- ✓ Úspora přídavného materiálu
- ✓ Malá převýšení svaru

Nevýhody:

- Vysoká pořizovací cena svařovacího aparátu
- Vysoké provozní náklady (značné opotřebení trysek a velká spotřeba plynů)

Zásady pro svařování korozivzdorných ocelí:

- a) Plyny obsahující vodík používat pro austenitické oceli, zákaz použití u martenzitických.
- b) Pro tloušťky 2 až 10 mm se volí napětí 28 až 40V a proudy mezi 110 až 300A.
- c) Používat metodu klíčové dírky (kvůli jejím výborným vlastnostem)
- d) Způsob svařování DCEN (stejnosměrný proud s elektrodou na záporném pólu) nebo DCSP (stejnosměrný proud s přímou polaritou).

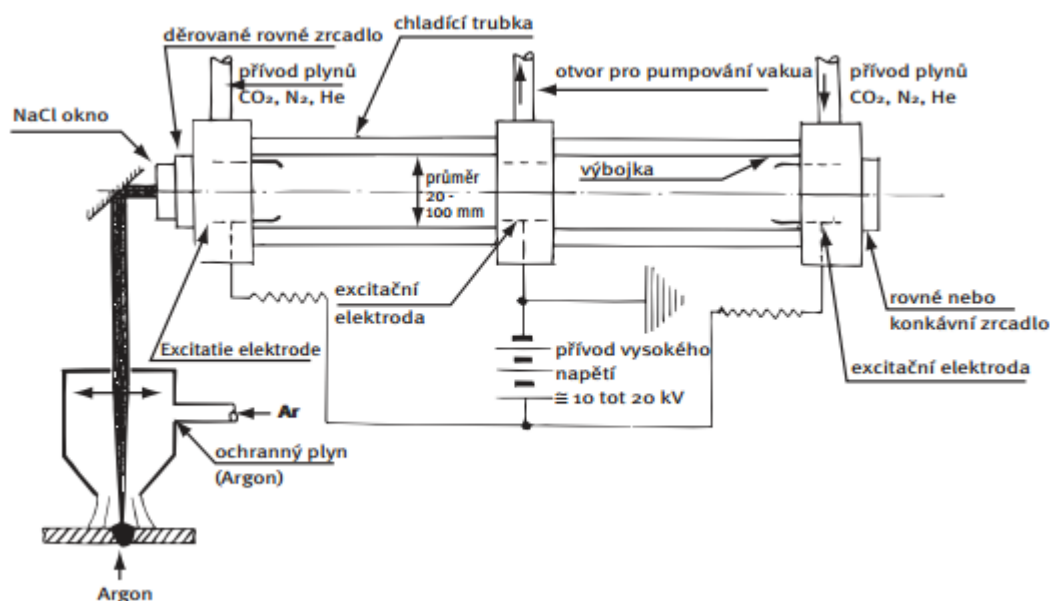


Obr. 22 – Svar plazmou [20]



### 3.5. Svařování laserem [1], [9], [18]

Zdroj energie potřebné ke svaření představuje soustředěný paprsek laseru do ohniska na velmi malou oblast v ochranné atmosféře plynu. Nejvíce používané jsou  $\text{CO}_2$  plynové lasery a pevnolátkové YAG. Laser má velmi vysokou hustotu výkonu, pro svařování se používá výkon  $10^4$  až  $10^8 \text{ W.cm}^{-2}$ . Tato metoda dosahuje vysokých svařovacích rychlostí, až několik metrů za minutu. Princip technologie lze vidět na obrázku 24.



Obr. 23 - Svařování plynovým  $\text{CO}_2$  laserem [3]

Pro samotný ohřev je využita pouze ta část energie ve formě záření, která je materiálem pohlcena, zbytek záření se odrazí a pouze malá část materiálem prochází. Součinitel odrazivosti se pohybuje v rozmezí od 0,5 až do 0,95. Z tohoto důvodu svařovaný povrch upravujeme zdrsňováním, nátěrem absorpční barvou, posypeme vrstvou prášku atd. Další možností je využití pulzního paprsku laseru, kdy první pulz nemá vysokou energii a vrstvu pouze nataví, což velmi pozitivně ovlivní odrazivost, a druhý, který už má energii vysokou, taví materiál do hloubky a tvoří svar.

Absorpce takové závisí na vlnové délce záření a na teplotě. V tabulce 1. můžeme vidět různý součinitel odrazivosti pro jiné vlnové délky u oceli.

Tabulka 1

Vlnová délka ( $\mu\text{m}$ )	0,7	1,06	10,6
Součinitel odrazivosti	0,58	0,63	0,93

Hlavními výhodami této technologie jsou:

- ✓ Vysoká přesnost
- ✓ Čistota a vysoká kvalita svaru (Obr. 25)
- ✓ Malá TOO
- ✓ Tichý provoz
- ✓ Široké rozmezí tloušťky svařovaných materiálů
- ✓ Velká adaptibilita
- ✓ Velmi vhodné pro automatizaci (Obr. 24)

Nevýhody:

- Vysoká pořizovací cena svařovacího aparátu
- Velmi přesné rozměrové tolerance svařovaných dílců

Zásady pro svařování korozivzdorných ocelí:

- a) U tupých svarů dodržovat přesnou šířku spáry 0,05 – 0,2 mm.
- b) Použití ochranných atmosfér jako u technologie TIG.
- c) Pro přesné ustavení používat polohovadla.



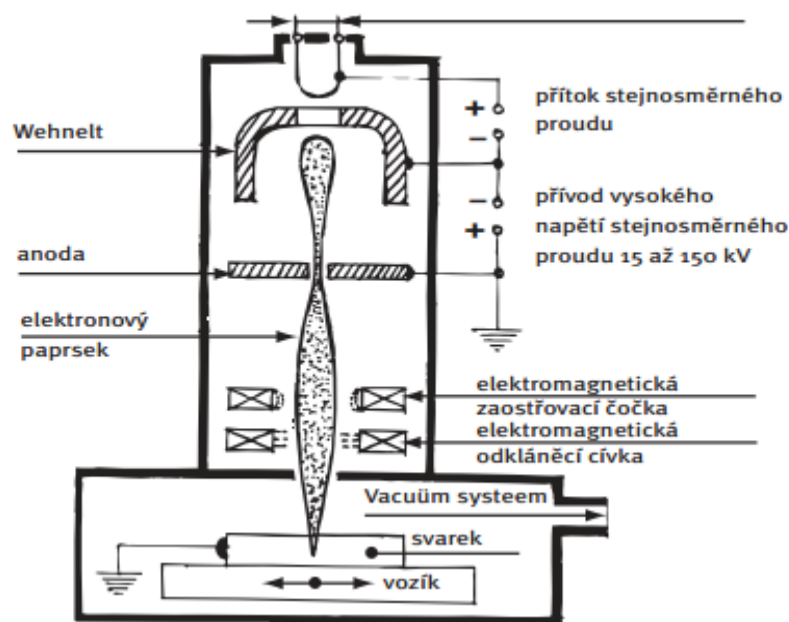
Obr. 24 - Svařování robotem [23]



Obr. 25 - Svar laserem [18]

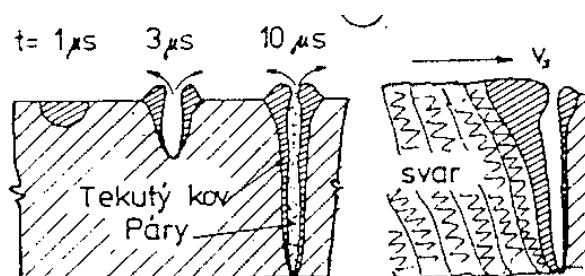
### 3.6. Svařování elektronovým paprskem [5], [28]

Energie potřebná k natavení a svaření materiálu je získávána přeměnou kinetické energie dopadajícího svazku elektronů na energii tepelnou. Zdroj elektronů i samotné pracovní komory jsou ve vakuu (viz Obr. 29), které je nutností pro správný chod technologie. Tato technologie vykazuje velmi vysoké rychlosti svařování, řádově 20 m/min. Svar je úzký a hluboký, poměr výšky ku šířce bývá kolem hodnot 20/1. Princip lze vidět na Obr. 26.



Obr. 26 - Svařování elektronovým paprskem [3]

Podobně jako u svařování laserem, i u této technologie dochází k částečnému odrazu elektronů (až 70%), energie potřebná k ohřátí materiálu se ovšem nezískává absorpcí, ale vibračním přenosem energie, kdy kinetická energie dopadajících elektronů rozkmitává mřížku kovu postupně a ten se během milisekund taví do hloubky a tvoří úzkou kapiláru, kterou prochází elektrony. Princip vzniku svaru je vidět na obrázku 27.



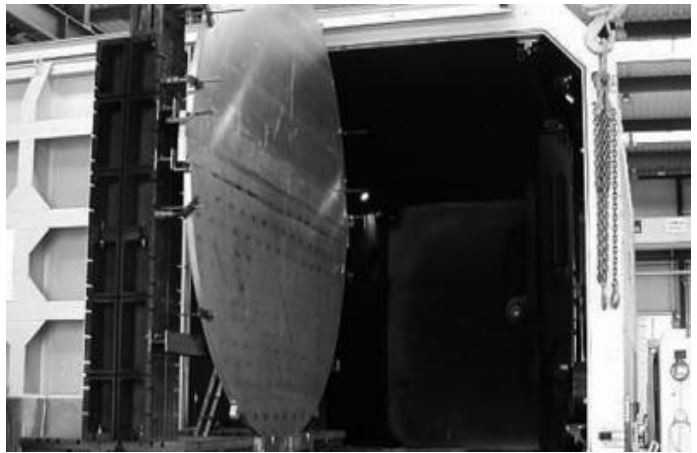
Obr. 27 - Vznik svaru [19]

Hlavními výhodami této technologie jsou:

- ✓ Dobrý vzhled svaru (Obr. 29)
- ✓ Malá TOO
- ✓ Ochrana vakuem
- ✓ Snadná regulace
- ✓ Svařování na jeden průchod
- ✓ Snadná automatizace

Nevýhody:

- Vysoká pořizovací cena svařovacího aparátu (Obr. 28)
- Velké nároky na opracování a čistotu svarových ploch
- Nutnost vakua
- Vnitřní čistota materiálů



**Obr. 28 - Svařovací vakuová komora [27]**

Zásady pro svařování korozivzdorných ocelí:

- a) U ocelí s větším obsahem uhlíku součást zahřát před i po svařování za účelem odstranění nežádoucích prasklin za studena
- b) Austenitické oceli vykazují výbornou svařitelnost, mez pevnosti u svaru je o 8-10% nižší a mez kluzu dokonce vyšší než u základního materiálu.
- c) Těsné přiléhání čistými a hladkými plochami.



**Obr. 29 - Svar svazkem elektronů [5]**

### 3.7. Zhodnocení technologií [10], [11], [22]

Výrobky pro potravinářský průmysl jsou náročné na kvalitu, provedení práce a musí splňovat hygienické standardy. Firmy vyrábějící tato zařízení se řídí normou ČSN EN ISO 9001:2009, která definuje požadavky na management kvality. Norma nestanovuje přesné a konkrétní požadavky, které musí výrobce v dané technologii uplatnit. Požaduje však propracované vnitřní mechanismy, které zaručí stálou a zlepšující se kvalitu výrobků. Zvolení vhodné technologie je pro splnění těchto podmínek nutnost, protože pracujeme s materiálem, který si musí udržet korozní odolnost, zůstat netečný a zachovat si mechanické vlastnosti.

Požadavky na svary jsou především absolutní těsnost spojovaných součástí, zachování vysoké korozní odolnosti pro svarový spoj i TOO a odolnost vůči namáhání, kterému je nádoba vystavena od působení hydrostatické tlakové síly piva a přetlaku, který je v nádobě. Dále musejí být svary vybroušeny a leštěny, uvnitř nádoby musejí mít jakost povrchu 0,8  $\mu\text{m}$ . V normě EN 1708-1 jsou definovány přípustné svary pro tlaková zařízení, kterými jsou i CTK.

Všechny výše popsané technologie jsou vhodné pro provedení těchto svarů. Svary mají potřebnou kvalitu, metalurgické složení a mechanické vlastnosti. Protože uvedená nádoba (Obr. 2) je vyrobena z austenitické oceli X5CrNi18-10, je náchylná na vznik trhlin za tepla v TOO. Trhliny limitujeme množstvím tepla, která do svaru přivedeme. Všeobecně se udává maximální hodnota 1,5 KJ/mm, tuto hodnotu ovlivňuje použitá technologie a tloušťka materiálu. Automatizace daných technologií umožní potřebnou kontrolu nad svařovacím procesem, která zajistí co nejmenší nutný tepelný příkon.

U technologií laser, plazma a svazek elektronů je tepelný příkon velmi nízký, proto je i velmi malá TOO, což z nich dělá velmi vhodnou metodu pro svařování nádoby. Tyto technologie zaručují velkou produktivitu při vysokých kvalitách svaru. Jejich nevýhodou je vysoká cena zařízení.

Technologie WIG, MAG a svařování pod tavidlem mají vyšší tepelný příkon, který se musí pohybovat pod limitní hranicí okolo 1,5 KJ/mm (záleží na technologii). Výhodou těchto technologií je jejich širší dostupnost a znalost, spolu s dostatečnou kvalitou.



## 4. EXPERIMENT [29], [30]

Cílem experimentu je provedení a vyhodnocení svarů, které se nachází na CTK. V kapitole je uveden popis výroby tanku a popis svarových spojů, které se na něm nachází.

### 4.1. Specifikace CTK



Obr. 30 - CTK pivovaru Santon

Zkoumanou nádobou, podle které byly provedeny experimentální svary, je cylindrokónický tank vyrobený firmou Nerez Blučina. Je používán v pivovaru Santon, kde slouží ke kvašení i ležení 13° světlého pivního speciálu. Fotku tanku lze vidět na obrázku 30. Rozměry nádoby jsou 2150 mm na výšku, 800 mm vnější průměr a tloušťka stěn jsou 3 mm. Vnitřní průměr 700 mm je broušen na Ra 0,8  $\mu$ m. Materiál svaru není ošetřen mořením, je tedy pouze mechanicky vybroušen. Plášť je dvojitý s chladicím oběhem. Minimální pracovní teplota se pohybuje kolem 1°C, maximální do 12°C. Množství piva v tanku je 400 litrů, celkový objem představuje 490 litrů. Celá

nádoba je vyrobena z austenitické chromniklové oceli X5CrNi18-10 (podle ČSN 17 240), svary byly provedeny technologií WIG. Výkres tanku viz příloha 1.

Nádoba byla navržena s ohledem na maximální tlak, který vznikne od hydrostatického tlaku a přetlaku, hodnota je udávána 2 bar. Kontrolní výpočet zahrnoval kontrolu pláště, horního a spodního dna s jejich svary a specifickým zatížením. Tloušťka stěn 3 mm se ukázala jako velmi dostatečná. Tank byl podroben tlakové zkoušce, kde zkoušený tlak dosáhl hodnoty 2,86 bar. Kontrola svarů proběhla pouze vizuální, nebyla požadována žádná nedestruktivní zkouška. Obě zkoušky byly úspěšné.

Tabulka 2 - Chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu X5CrNi18-10

C [%]	Si [%]	Mn[%]	P [%]	S [%]	N [%]	Cr [%]	Cu [%]	Ni [%]
0,019	0,460	1,390	0,029	0,003	0,07	18,050	0,3	8,080
Rp <sub>02</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Rp <sub>1</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	A [%]	HRB				
302	350	628	62	84				

## 4.2. Výroba CT|K

Jelikož se ve svojí práci zaměřuji na svařování, celý popis výroby tanku zestručním, více v textu níže a zaměřím se hlavně na svary.

Do plechů (materiál viz přílohy 5, 6), zakrácených na potřebné rozměry, se vodním paprskem vyřezou otvory pro potřebné armatury. Plášť se zakruží na tvar válce (Obr. 31), spodní dno do válcového kuželu s vrcholovým úhlem  $70^\circ$ , horní dno se vytvaruje na torosférický tvar. Plášť se slícuje, nastehuje a poté svaří podélným V svarem (Obr. 32). Vnitřní stěny se po svaření vybrousí na  $Ra\ 0,8\ \mu m$ . Poté se slícují zakružená dna, nastehují a svaří. Dna se přivaří k plášti. Tímto je hotový vnitřní plášť. Dalším krokem je přidělení duplikátoru (chladicího pláště), který se skládá z armatur vedoucí medium a tří chladících zón (v příloze 1 jsou to pozice H4, H5 a detail). Zóny tvoří kapsy, které jsou přes armatury spojeny a proudí v nich chladící medium, které udržuje požadovanou teplotu. Chladící zóny jsou přivařeny k plášti. Speciálním hydraulickým nástrojem jsou vytvořeny lemy na armaturách a hrdlech, ty jsou následně slícovány a přivařeny k vnitřní ploše nádoby. Na závěr jsou přivařeny na plášť i trubky, které slouží jako nohy. Poté je obdobným způsobem vyroben i vrchní plášť. Mez pláště je vložena vrstva izolace. Nakonec je přidělán vnější plášť, který se přivaří na trubky nohou a do výstupu armatur pro chladící medium, které jsou tam v tuto chvíli umístěny a vrchní víko pro hradící armaturu. Na úplný závěr je k tanku přivařena hradící armatura s manometrem, hradícím přístrojem a nohy tanku jsou k sobě přivařeny do trojúhelníka.



Obr. 31 - Zakružování pláště [30]



Obr. 32 - Svařování pláště [30]

### Svary na tanku

Všechny svary jsou vytvořeny technologií WIG s přídavným drátem 19.9.L od firmy Sandvik (viz. příloha 3). Svary na této nádobě jsou typu V, I, 1/2 V a koutové, velikosti svarů jsou 1.5, 2 a 3. Svařovací a ochranný plyn kořene byl použit Argon 4.6, elektroda WC o průměru 2,4mm. Svary byly provedeny v polohách PA, PB a PC. Všechna svary vychází z výkresu z přílohy 1. V tabulkách níže je uveden popis všech svarů na tanku, jejich typ, velikost, délka a případná specifikace.

Jmenovitý tepelný příkon, kterým bylo svařováno, záleží na parametrech procesu. Pro použité hodnoty napětí 15V a hodnoty proudů 90, 110 a 130A je spočítán tepelný příkon. Rychlost svařování byla 15 cm/min. Proudem měl konstantní průběh.

Tepelný příkon pro proud 90A:

$$Q_{90} = \eta * \frac{U * I}{1000 * v_s} = 0,65 * \frac{15 * 90}{1000 * \frac{15 * 10}{60}} = 0,351 \text{ kJ/mm} \quad (4.1)$$

Tepelný příkon pro proud 110 A:

$$Q_{110} = \eta * \frac{U * I}{1000 * v_s} = 0,65 * \frac{15 * 110}{1000 * \frac{15 * 10}{60}} = 0,429 \text{ kJ/mm} \quad (4.2)$$

Tepelný příkon pro proud 130 A:

$$Q_{130} = \eta * \frac{U * I}{1000 * v_s} = 0,65 * \frac{15 * 130}{1000 * \frac{15 * 10}{60}} = 0,507 \text{ kJ/mm} \quad (4.3)$$

Kde:  $Q_{90,110,130}$  je tepelný příkon pro 90,110,130 A [Kj/mm]

$\eta$  je účinnost přenosu tepla [-]

$U$  je svařovací napětí [V]

$I$  je svařovací proud [A]

$v_s$  je rychlost svařování [cm/min]

Výpočet tepelného příkonu byl proveden dle normy ČSN EN ISO 1011-1. Ve všech případech použitého proudu je tepelný příkon menší než maximální hodnota 1,5 kJ/mm. Pro všechny druhy svarů byl vypracován WPS, viz přílohy 7,8,9,10.

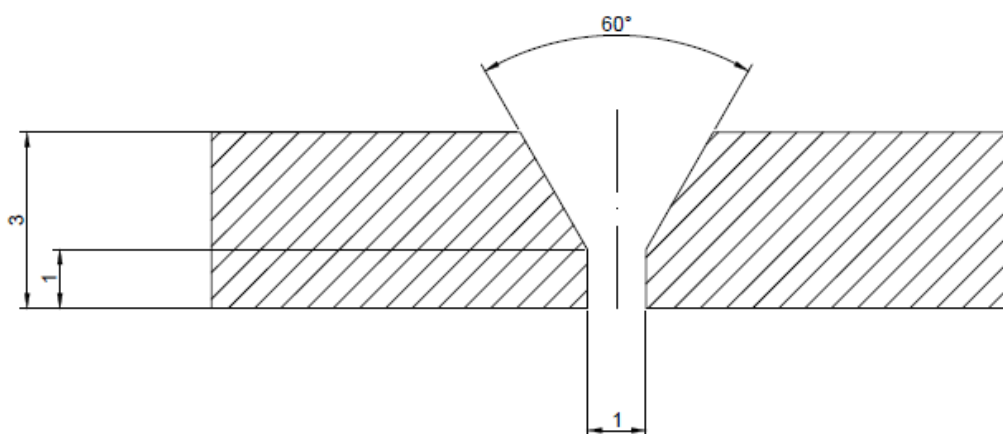
Pro provedení níže uvedených svarů by měl mít svářeč kvalifikaci podle ČSN 287-1 Zahrnující alespoň:

EN 287-1 141 T FW 1.4 S t3 D60 H-L045 ss nb

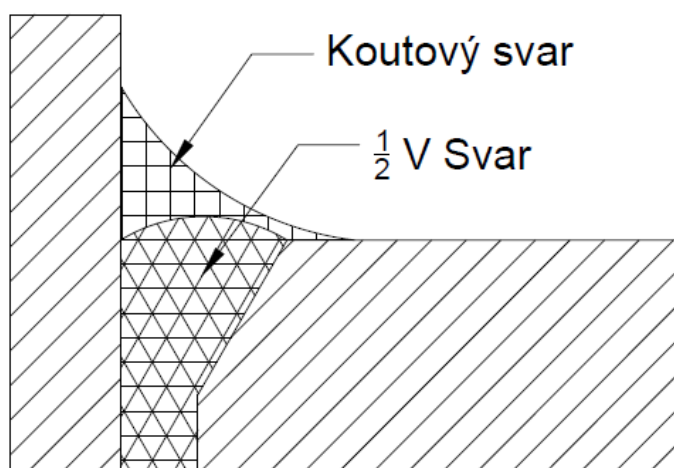


**Tabulka 3 – Svary na vnitřním plášti (průměr 700mm)**

Název	Typ - velikost	Délka [mm]	Doplňující značka	Poznámka
Podélný svar pláště	V svar - 3	1000	Převýšený	Obr. 33
Svar pláště a horního víka	V svar – 3	2200	Převýšený, obvodový	
Svar pláště a dolního víka	V svar – 3	2200	Převýšený, obvodový	
Svary noh ke kuželovému dnu	Koutový – 2	150	Převýšený, obvodový	3 nohy
Podélná svar dolního víka	V svar – 3	520	Převýšený	
Svar pláště a duplikátoru	Koutový – 2	1540 (560)	Vydutý, obvodový	2 velké komory, jedna malá
Svar vnitřního pláště k vnějšímu	Koutový – 2	565		
Svar hrdla od hradící armatury k plášti	1/2 V svar, na kterém je koutový – 3	333	Koutový je vydutý	Obr. 34
Svar kuželového dna k vnějšímu plášti	Koutový – 1,5	204	Vydutý	Obr. 35
Svar hrdla armatury ke dnu	1/2 V svar – 3	88	Převýšený	Obr. 35



**Obr. 33 – Úprava svarové plochy pro podélný svar**



Obr. 34 –  $\frac{1}{2}$  V svar s koutovým



Obr. 35 – Svar kuželového dna a armatury

Tabulka 4 - Svary na vnějším plášti (průměr 800mm)

Název	Typ - velikost	Délka [mm]	Doplňující značka	Poznámka
Podélný svar pláště	V svar - 3	1000	Převýšený	Obr. 35
Svar pláště a horního víka	I svar – 2	2515	Plochý	
Svar pláště a dolního víka	I svar – 2	2515	Plochý	
Svar noh k plášti	Koutový – 1,5	225	Obvodový	Obr. 36, tři nohy
Svar závitové spojky k plášti	I svar - 2	30	Obvodový	Dvě spojky

Podélný svar dolního víka	V svar – 3	520	Převýšený	
Svar vrchní části pláště u hradící armatury	I svar – 2	565	Plochý	



**Obr. 35 - Svar pláště**



**Obr. 36 - Svar nohy k plášti**

Vnější povrch je broušený na 2G, lze jej pozorovat na Obr. 35. Svary společné pro stejné plochy (vnitřní a vnější plášť) jsou udávány pouze v jedné tabulce.

**Tabulka 5 – Svary na duplikátoru**

Název	Typ - velikost	Délka [mm]	Doplňující značka	Poznámka
Svar výstupních armatur media	Koutový – 2	30	Obvodový	Jeden vstup a výstup
Svar armatur vedoucí medium	Koutový – 2	51	Obvodový	

Pozn. Přivaření jednotlivých komor k plášti je v tabulce č. 2.

**Tabulka 6 - Svary na hradící (Obr. 37) armatuře a víku tanku**

Název	Typ - velikost	Délka [mm]	Doplňující značka	Poznámka
Svar víka na horní hrdlo	I svar – 2	333	Obvodový, plochý	Při zašroubování závitu
Svar trubky v teploměrem vedoucí hrdlem	Koutový – 2	88	Obvodový	
Svary na TRKR	I svar – 2	87	Obvodový, plochý	Svary trubek k sobě a trubky ke šroubení a k záslepné matici
Svary trubek pro hradící přístroj a pojistný ventil	Koutový – 2	57	Obvodový	Dvě trubky
Svar šroubení na trubku	Koutový – 2	57	Obvodový	
Svar armatury s manometrem k trubce	Koutový – 2	57	Obvodový	
Svar trubky k nátrubku (mufna)	I svar – 1,5	57	Obvodový, převýšený	

**Obr. 37 – Funkční konec hradící armatury**

**Tabulka 7 - Svary na nahách**

Svar záslepy nohy	I svar – 2	125	Plochý	3 nohy
Svar trubky nohy ke stojně	I svar – 3	190	Obvodový	
Svar trubek mezi nohama	Koutový – 2	88	Obvodový	

**Tabulka 8 - Celková délka svarů**

Typ velikost	V 3	Koutový 3	Koutový. 2	Koutový 1,5	1/2V 3	II,5	I 2	I 3
Délka (mm)	7440	333	4782	879	421	57	6575	190

Celková délka všech svarů všech typů na tanku je 20 677mm. Výsledek je ovlivněn zaokrouhlovací chybou, postupné výsledky byly zaokrouhlovány na celá čísla. Přídavný materiál se prodává v drátech o délce 1000 mm, bylo firmou nakoupeno na tuto výrobu 22 kusů o průměru 1,6 mm a celkové hmotnosti 110 kg. V tabulce 9 je uvedeno chemické složení a mechanické vlastnosti přídavného materiálu.

**Tabulka 9 - Chemické složení a mechanické vlastnosti drátu 19.9.L**

C [%]	Si [%]	Mn[%]	P [%]	S [%]	N [%]	Cr [%]	Ni [%]
0,023	0,38	1,64	0,030	0,002	0,053	18,2	8,2
Rp <sub>02</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Rp <sub>1</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	A [%]	Z [%]	HV		
332	366	621	42	60	160		

### 4.3. Experiment

Experiment spočívá v provedení zkušebních svarů ve firmě Nerez Blučina stejnou technologií WIG, na materiálu AISI304, tloušťka plechu odpovídá tloušťce stěny tanku 3 mm. Rozměry svařenců jsou 100x100 mm, pro případ koutového svaru je kolmo přivařen druhý stejný plech. Svary byly vybroušeny a vyfoceny pod mikroskopem, fotky lze vidět na obrázcích dole.

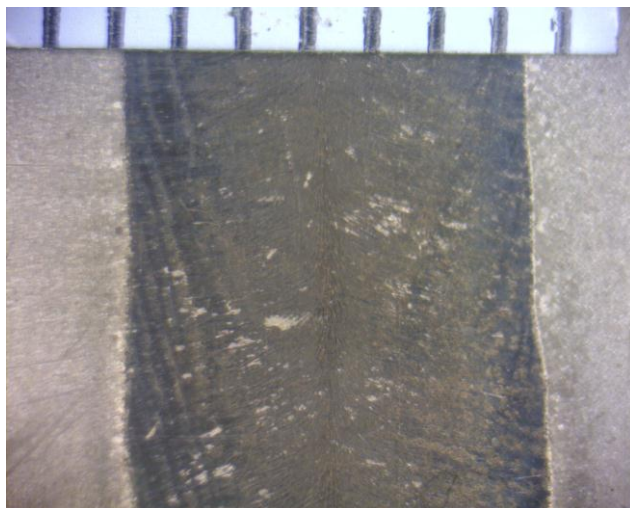


Obr 38 – Detail materiálu tupého svaru

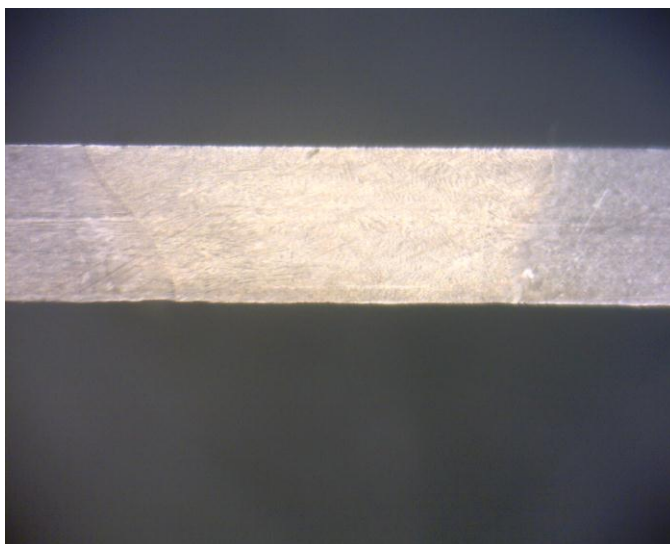


Obr. 39 - Detail tupého svarů

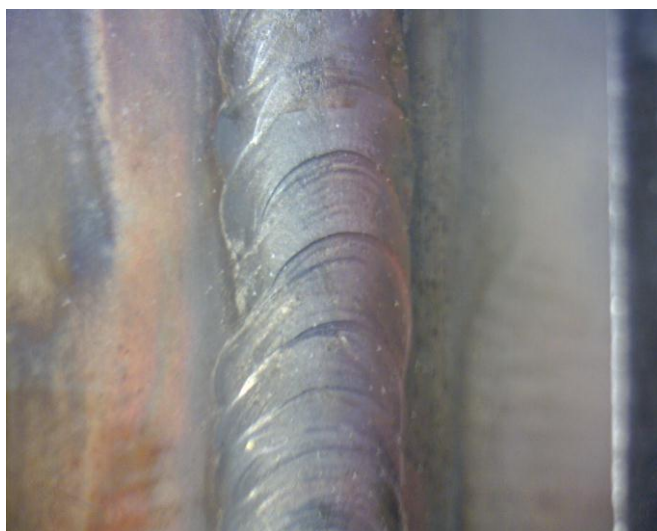




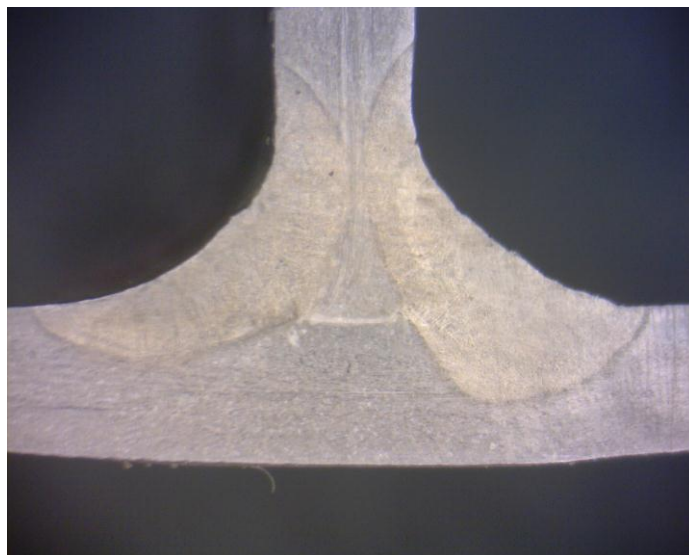
**Obr. 40 – Povrch tupého svaru**



**Obr. 41- Tupý svar v řezu**



**Obr. 42 - Koutový svar**



**Obr. 43 - Koutový svar v řezu**

### **Vyhodnocení**

- Na obrázku 38 lze vidět strukturu tupého svaru. Vlevo je vidět svarový kov, proužek uprostřed představuje oblast částečného natavení, které vznikla přímým kontaktem se svarovým kovem. od ní napravo se nachází TOO a poté základní materiál.
- Na obrázku 39 je vyfocen kořen svaru. Kořen svaru je čistý, byl po celou dobu chlazení chráněn formovacím plynem (čistým argonem). Kvalitní kořen je důležitý u CTK, protože přichází do styku s pivem.
- Na obrázku 40 je povrch svaru. Povrch je zoxidovaný, je nutnost oxidy odstranit (u Nerez Blučina se mechanicky vybrušuje). Oxidace vznikla v důsledku nedostatečné ochrany plyne, ochrana závisí na rychlosti svařování.
- Obrázek 41 ukazuje tupý svar v řezu. Svar je vybroušen na plocho. Svar má malou TOO, bez viditelných vad.
- Na obrázku 42 lze pozorovat svarovou housenku koutového svaru.
- Obrázek 43 ukazuje koutový svar v řezu. Vidíme dobrý průvar, malou TOO bez viditelných vad.

Svary splňují potřebnou kvalitu, která je vyžadována u nádob v potravinářském průmyslu. Vyšší kvalita by se dala docílit použitím svařovacích automatů (na Obr. 42 lze vidět, že svar byl veden rukou, housenka není zcela rovnoměrná), nebo kombinací svařovacích automatů a jiné technologie (laser, plazma, elektronový paprsek, atd). Tyto technologie vykazují vysokou kvalitu, nižší TOO a dovolují vyšší rychlosti svařování. Na tanku je skoro 21 metrů svarů, který byly svářeny rychlostí 15 cm/min. Čistý čas potřebný na jejich zhotovení činí zhruba 140 minut. S tloušťkou materiálu 3 mm by se mohlo např. laserem svařovat rychlostí až 5 m/min, tak by se výroba velmi zefektivnila. Nevýhodou je, že ne všechno by se touto technologií dalo realizovat. Nicméně i nasazení některé této technologie na hlavní a nejdelší svary by proces velmi zefektivnila a ještě zvýšil potřebnou kvalitu.



## 5. ZÁVĚR

Bakalářská práce pojednává o výrobě tlakových nádob v potravinářském průmyslu. Je zaměřena na svařování pивního tanku, který byl vyroben ve firmě Nerez Blučina. Nádobu byla vyrobena pro minipivovar Santon.

V úvodní části byl proveden rozbor typů pivních tanků podle různých kritérií a nastíněn proces, který probíhá v nádobě při výrobě piva. Poznatky vychází jak z odborné literatury, tak z konzultací s vrchním sládkem, a také z vlastních zkušeností. Výrobní proces se liší od běžného postupu, který je znám veřejností, protože se jedná o speciální produkt.

Další část práce se věnuje rozboru používaných materiálů v potravinářství a některým technologiím používaných pro jejich svařování. Byly popsány používané materiály, zvláště austenitické oceli, které jsou na tyto výrobky nejpoužívanější. Tank je vyroben z materiálu AISI304, který byl v práci dále rozebírán. U vybraných technologií byly uvedeny jejich výhody, nevýhody a některé zásady, které je nutno dodržovat při svařování nerez. Vybranou metodu, kterou byl tank vyráběn, je WIG.

Hlavní část práce představuje popis tanku, specifikace výroby a podrobný rozbor svarů. Byly rozebrány jednotlivé použité typy svarů, celkové délky, jejich provedení a spočítán tepelné příkony pro jednotlivé proudy. Pro základní i přídatný materiál bylo popsáno chemické složení a mechanické vlastnosti z dodaných materiálů. Na základě výše uvedených poznatků byly vypracovány experimentální svary, které odpovídají koutovému a I svaru, použitým na tanku. Ke svarům byly vypracovány WPS. Svary byly vybroušeny a naleptány, poté vyhodnoceny a okomentovány.

Práce kombinuje literární poznatky načerpané z uvedených zdrojů i dosavadním studiem a praktickou část, která se opírá o konzultace ve firmě o výrobě tanku a vlastních zkušeností z brigád ve výrobě.

Práci je vhodná pro seznámení se s problematikou svařování vysokolegovaných ocelí v přísných podmínkách potravinářského průmyslu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY [2]

- [1] AMBROŽ, Petr a Jiří DUNOVSKÝ. Svařování kovových materiálů laserem. In: [online]. [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: [http://www.metal2013.com/files/proceedings/metal\\_10/lists/papers/191.pdf](http://www.metal2013.com/files/proceedings/metal_10/lists/papers/191.pdf)
- [2] Citace.com: Naučte se citovat [online]. 2011 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://generator.citace.com/>
- [3] CUNAT, Pierre-Jean. Svařování korozivzdorných ocelí. In: *Euro-Inox: The European stainless steel development association* [online]. [cit. 2013-05-11]. ISBN 979-2-87997-177-3. Dostupné z: [http://www.euro-inox.org/pdf/map/BrochureWeldability\\_CZ.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/BrochureWeldability_CZ.pdf)
- [4] DVOŘÁK, M. a kol. Technologie II, 2vyd. CERM Brno, 7/2004, 237s. ISBN 80-214-2683-7
- [5] Electron Beam Welding. BODYCOTE SURFACE TECHNOLOGY. *Bodycote* [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.bodycotemetallurgicalcoatings.com/technologies/electron-beam-welding.aspx>
- [6] How to weld fully austenitic stainless steels. AVESTA. *Avesta welding* [online]. [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.avestawelding.com/5275.epibrw>
- [7] CHODORA. R., Byli jsme v Koutě II. In: *Pivni.info* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://pivni.info/exkurze/565-byli-jsme-v-koute-ii.html>
- [8] CHODORA. R., R.A.D. In: *Pivni.info* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://pivni.info/exkurze/1063-rad.html>
- [9] KIM, Cheol-Hee a Do-Chang AHN. Coaxial monitoring of keyhole during Yb:YAG laser welding. *Optics & Laser Technology* [online]. roč. 2012, č. 44 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030399212000801>
- [10] KOLEKTIV AUTORŮ. Materiály a jejich svařitelnost, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 292s. ISBN 80-85771-85-3
- [11] KOLEKTIV AUTORŮ. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 1999, 249s. ISBN 80-85771-70-5
- [12] KOLEKTIV AUTORŮ. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, 1vyd. Zeross, Ostrava 2000, 214s. ISBN 80-85771-72-1
- [13] Korozivzdorné oceli-vlastnosti. In: *Euro-Inox: The European stainless steel development association* [online]. [cit. 2013-05-11]. ISBN 2-87997-082-2. Dostupné z: [http://www.euro-inox.org/pdf/map/StainlessSteelProperties\\_CZ.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/StainlessSteelProperties_CZ.pdf)

- [14] KOSAŘ. K. a kol., *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarnictví a sladařství, 2000. ISBN 80-902658-6-3.
- [15] KUBÍČEK. J., Technologie II – svařování, díl 1 – Základní metody tavného svařování. In: *Ústav strojírenské technologie: Odbor svařování a povrchových úprav* [online]. [cit. 2013-05-10] Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory.htm>
- [16] KUBÍČEK. J., Technologie II – svařování, díl 2 – Speciální metody tavného svařování, Tlakové svařování. In: *Ústav strojírenské technologie: Odbor svařování a povrchových úprav* [online]. [cit. 2013-05-10] Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory.htm>
- [17] KUBÍČEK. J., Technologie výroby I. - svařování. In: *Ústav strojírenské technologie: Odbor svařování a povrchových úprav* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory\\_soubory/technologie\\_vyroby\\_I\\_svarovani\\_ku\\_bicek.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_vyroby_I_svarovani_ku_bicek.pdf)
- [18] Laserové svařování. LASERTHERM SPOL. S R.O. *LaserTherm: Lasery pro průmyslové technologie* [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.lasertherm.cz/nabizene-sluzby/laserove-svarovani/>
- [19] Materiály ke zkouškám. *Technická univerzita v Liberci: Katedra strojírenské technologie* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy.htm>
- [20] *MM: Průmyslové spektrum* [online]. MM publishing, s.r.o., 2011 [cit. 2013-05-10]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/precizni-rotacni-svarovani-metodou-tig-a-paw.html>
- [21] NEČAS. J., Pivní tanky holandského výrobce Duotank. In: [online]. [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://stroje.hyperinzerce.cz/pivovarnicke-stroje/inzerat/6626064-pivni-tanky-holandskeho-vyrobce-duotank-nabidka/>
- [22] PILOUS, V. Materiály a jejich svařitelnost. In *Svařování kovů v praxi*. Praha : Verlag Dashöfer, 2010, s. 1-81. Dostupné z: [http://www.dashofer.cz/download/pdf/svk/svk\\_ukazka1.pdf?wa=WWW13IX](http://www.dashofer.cz/download/pdf/svk/svk_ukazka1.pdf?wa=WWW13IX)
- [23] Robotické systémy pro svařování. LAO - PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY, s.r.o. *Lao: Lasery a optika* [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/laserove-roboticke-systemy--691k/roboticke-systemy-pro-svarovani-413p>
- [24] Svařování pod tavidlem (SAW). *Svarinfo.cz: Magazín praktického svařování* [online]. 2010 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2009010801>
- [25] Svařování. TIGEMMA, spol. s r.o. *Tigema: strojírenství* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.tigemma.cz/cz/kategorie/svarovani.aspx>

- [26] Tipy, rady, doporučení. MIGATRONIC CZ A.S. *Automig.cz: Internetový magazín* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://automig.cz/svarovani-v-praxi/tipy-rady-doporuceni/>
- [27] Vlastnosti a použití nerezových austenitických ocelí. TERAPOL SPOL.S R.O. *Terapol: nerez ocel* [online]. 2002 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.terapol.cz/vlastnostiapouziti.php>
- [28] VOLKER, Adam a Filip VRÁBLÍK. Nové možnosti efektivního využití technologie svařování elektronovým paprskem v sériové výrobě rozměrných součástí. *Konstrukce: Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství* [online]. 2010 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/nove-moznosti-efektivniho-vyuziti-technologie-svarovani-elektronovym-paprskem-v-seriove-vyrobe-rozmernych-soucasti/>
- [29] NEREZ BLUČINA. *Pasport: Tlakové nádoby výrobní číslo 274*. 2008, 27 s.
- [30] NEREZ BLUČINA S.R.O. *Nerez Blučina* [online]. 1990. vyd. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.nerezblucina.cz/>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Ukázky svařování .....	9
Obr. 2 – CTK v pivováře Santon .....	9
Obr. 3 – Ležácké tanky .....	10
Obr. 4 - Vertikální tank .....	10
Obr. 5 - Horizontální tank .....	10
Obr. 6 - Schéma CTK .....	11
Obr. 7 – Schaefflerův diagram .....	12
Obr. 8 - Struktura austenitické oceli .....	13
Obr. 9 - Princip svařování metodou WIG .....	14
Obr. 10 - Svařování konstantním a pulzním proudem .....	15
Obr. 11 – Tvar hrotu .....	15
Obr. 12 - Princip svařování metodou MAG .....	16
Obr. 13 - Detail hoření oblouku .....	16
Obr. 14 - Zkratový přenos .....	17
Obr. 15 - Bezzkratový přenos .....	17
Obr. 16 - Typy přenosů .....	17
Obr. 17 - Vedení hořáku .....	18
Obr. 18 - Princip svařování pod tavidlem .....	19
Obr. 19 - Svařování rotační nádoby .....	20
Obr. 20 - Plazmové svařování .....	21
Obr. 21 - Princip klíčové dírky .....	22
Obr. 22 – Svar plazmou .....	22
Obr. 23 - Svařování plynovým CO2 laserem .....	23
Obr. 24 - Svařování robotem .....	24
Obr. 25 - Svar laserem .....	24
Obr. 26 - Svařování elektronovým paprskem .....	25
Obr. 27 - Vznik svaru .....	25

Obr. 28 - Svařovací vakuová komora .....	26
Obr. 29 - Svar svazkem elektronů .....	26
Obr. 30 - CTK pivovaru Santon.....	28
Obr. 31 - Zakružování pláště .....	29
Obr. 32 - Svařování pláště .....	29
Obr. 33 – Úprava svarové plochy pro podélný svar .....	31
Obr. 34 – ½ V svar s koutovým.....	32
Obr. 35 – Svar kuželového dna a armatury .....	32
Obr. 36 - Svar nohy k plášti.....	33
Obr. 37 – Funkční konec hradící armatury .....	34
Obr. 38 – Detail materiálu tupého svaru.....	36
Obr. 39 - Detail tupého svarů.....	36
Obr. 40 – Povrch tupého svaru .....	37
Obr. 41- Tupý svar v řezu.....	37
Obr. 42 - Koutový svar .....	37
Obr. 43 - Koutový svar v řezu .....	38

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 .....	23
Tabulka 2 - Chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu .....	28
Tabulka 3 – Svary na vnitřním plášti (průměr 700mm) .....	31
Tabulka 4 - Svary na vnějším plášti (průměr 800mm) .....	32
Tabulka 5 – Svary na duplikátoru.....	34
Tabulka 6 - Svary na hradící (Obr. 37) armatuře a víku tanku .....	34
Tabulka 7 - Svary na nahách.....	35
Tabulka 8 - Celková délka svarů .....	35
Tabulka 9 - Chemické složení a mechanické vlastnosti přídatného materiálu .....	35

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	Tažnost	[%]
CTK	Cylindrokónický tank	[-]
DCEN	Stejnoseměrný proud s elektrodou na záporném pólu	[-]
DCSP	Stejnoseměrný proud s přímou polaritou	[-]
HRB	Tvrdost podle Rockwella	-
HV	Tvrdost podle Vickerse	-
I	Svařovací proud	[A]
MAG	Metal active gas	[-]
MIG	Metal inert gas	[-]
Název	Význam	Jednotka
Ra	Jakost povrchu	[μm]

Rm	Mez pevnosti	[MPa]
Rp <sub>0,2</sub>	Smluvní mez kluzu	[MPa]
TIG	Tungsten Inert Gas	[-]
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	[-]
U	Svařovací napětí	[U]
WIG	Wolfram inert gas	[-]
WPS	Welding Procedure Specification	-
YAG	Yttrium Aluminium Granát	[-]
Z	Kontrakce	[%]

## SEZNAM VZORCŮ

- 4.1 – Tepelný příkon pro proud 90 A
- 4.2 – Tepelný příkon pro proud 110 A
- 4.3 – Tepelný příkon pro proud 130 A

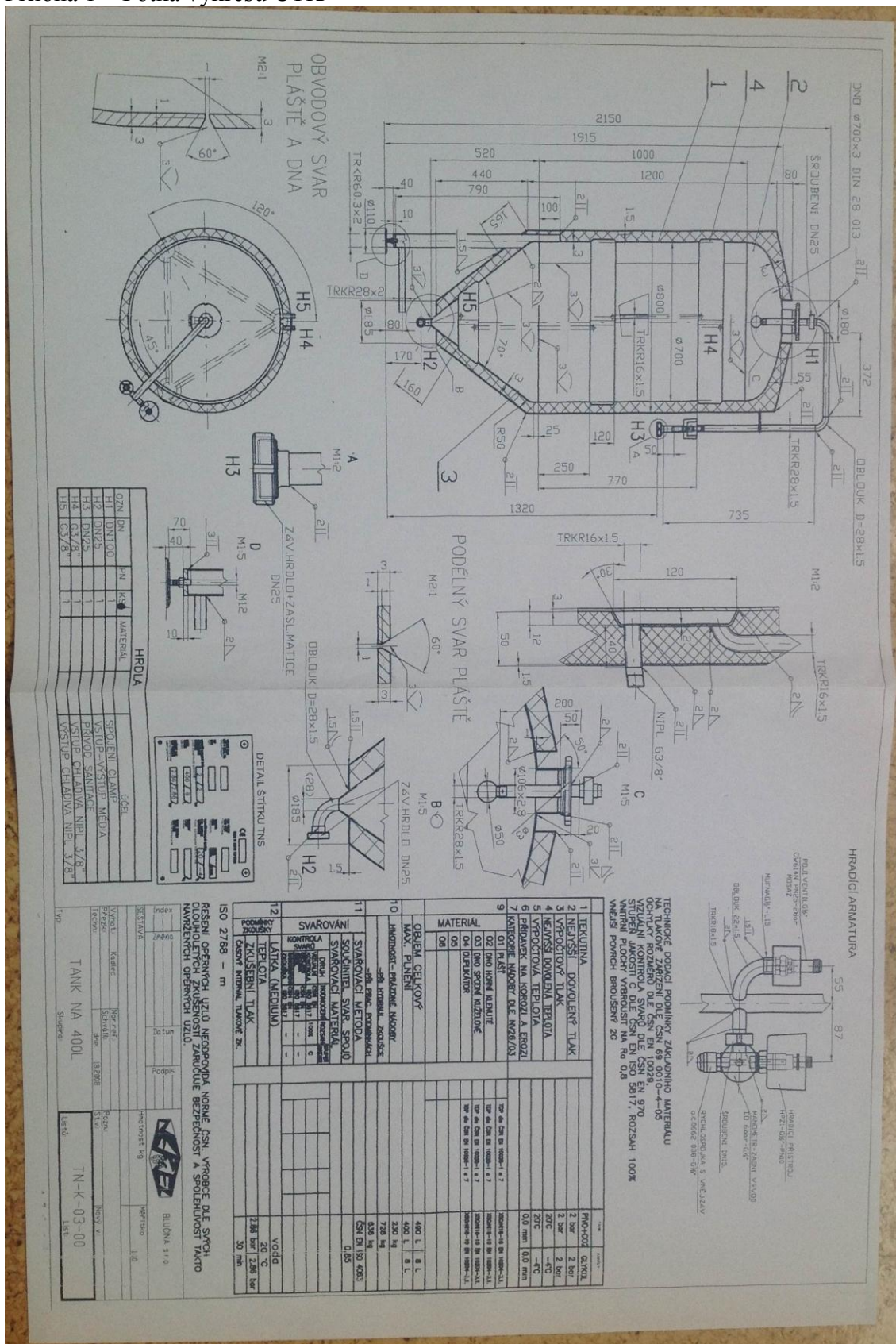
## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 – Fotka výkresu CTK
- Příloha 2 – WPS I svar
- Příloha 3 – WPS V svar, koutový půl Vsvar
- Příloha 4 - Inspekční certifikát 3.1 pro přídavný materiál
- Příloha 5 – Inspekční certifikát 3.1 materiálu dna a víka
- Příloha 6 – Inspekční certifikát 3.1 materiálu
- Příloha 7 – WPS I svaru
- Příloha 8 – WPS V svaru
- Příloha 9 – WPS ½ V svaru
- Příloha 10- WPS koutového svaru



# PŘÍLOHY

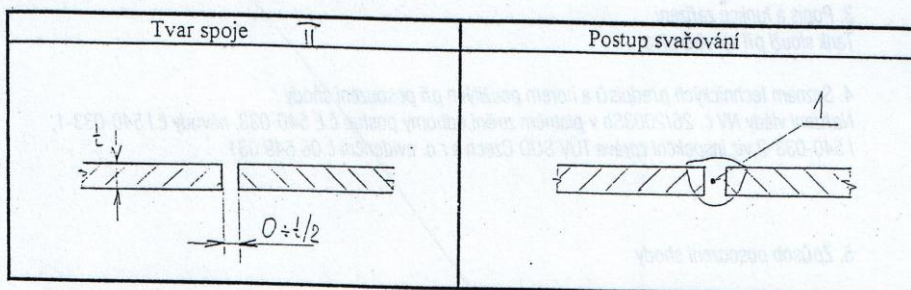
## Příloha 1 – Fotka výkresu CTK





# Postup svařování (WPS) viz ČSN EN 288-2

Číslo WPS : 03  
Místo : BLUČNA  
Výrobce : NEREZ ŠTASTOVY, BLUČNA  
Jméno svářeče : PETR ŠTASTNÝ  
Metoda svařování : 141 TIG  
Druh svaru : BW - TYP SVAR  
Základní materiál : 17 L5.4  
Materiálová skupina : W 11  
Číslo WPAR : 44-001/99  
Technická dozorní organizace /  
Zkušební organizace : ITI BRNO  
Svařovaná tloušťka : 5 mm  
Rozsah platnosti - tloušťka : 5 ÷ 8 mm  
Vnější průměr :  
Poloha svařování : PA - VODROVNÁ ŠKODA  
Způsob přípravy a čištění :



Parametry pro svařování :

Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
Metoda svařování	141					
Průměr přídavného drátu	1,6/120					
Svařovací proud (A)	90 ÷ 110					
Svařovací napětí (V)	-					
Druh proudu/polarita	= -					
Rychlost posuvu drátu						
Tepelný příkon						

Přídavný materiál : ER 347 Si  
Označení dle normy : AWS A 5.9  
Přesoušení :  
Teplota předehřevu :  
Interpass teplota :  
Tepelné zpracování :  
Doba, teplota, postup :  
Rychlost ohřevu a chlazení :  
Ochranný plyn/tavidlo :  
- ochranný plyn : ARGUN 4.6  
- ochrana kořene : ARGUN 4.6  
Druh a rozměr wolframové elektrody : WC, 1,6 ÷ 2,4 mm  
Drážkování : NE  
Podložení kořene : NE  
Rozkvy : NE  
Další :

Výrobce :

Ing. KOTOUČEK, 20.10.98

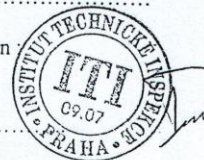
Jméno, datum, podpis



Zkušební dozorní orgán

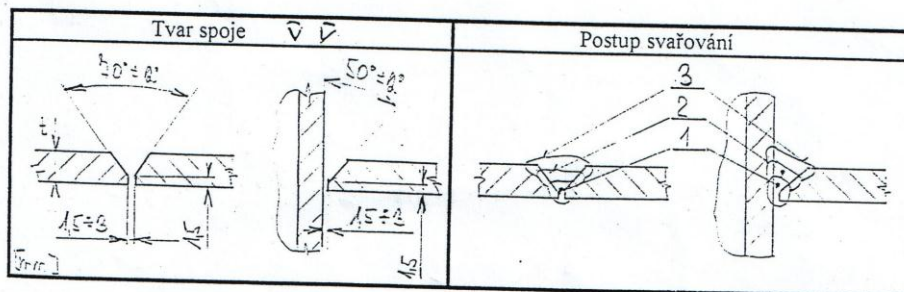
ITI 29

Jméno, datum, podpis



## Postup svařování (WPS) viz ČSN EN 288-2

Číslo WPS : 01      Číslo WPAR : 44-001/99  
 Místo : BLUČINA      Technická dozorčí organizace/ ITI BENO  
 Výrobce : KREZ ŠTASTNÝ, BLUČINA      Zkušební organizace :  
 Jméno svařeče : PETR ŠTASTNÝ      Svařovaná tloušťka : 4 mm  
 Metoda svařování : 141 TIG      Rozsah platnosti – tloušťka : 3 ÷ 8 mm  
 Druh svaru : BW – TUPÝ SVAR      Vnější průměr : 400 ÷ 1500 mm  
 Základní materiál : 17.240.4      Poloha svařování : PA – VERTIKÁLNÍ SVAR  
 Materiálová skupina : W 11      Způsob přípravy a čištění :



Parametry pro svařování :

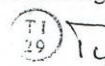
Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
Metoda svařování	141	141	141			
Průměr přídavného drátu	1,6/20	1,6/20	1,6/20			
Svařovací proud (A)	90	90 ÷ 110	100 ÷ 130			
Svařovací napětí (V)	-	-	-			
Druh proudu/polarita	= -	= -	= -			
Rychlost posuvu drátu						
Tepelný příkon						

Přídavný materiál : ER 545 S  
 Označení dle normy : AWS A 5.9  
 Přesoušení :  
 Teplota předehřevu :  
 Interpass teplota : max. 150 °C  
 Tepelné zpracování :  
 Doba, teplota, postup :  
 Rychlost ohřevu a chladnutí :  
 Ochranný plyn/tavidlo :  
 - ochranný plyn : ARGON 4.6  
 - ochrana kořene : ARGON 4.6  
 Druh a rozměr wolframové elektrody : WC, 1,6 ÷ 2,4 mm  
 Drážkování : NE  
 Podložení kořene : NE  
 Rozkvy : VE  
 Další :

Výrobce :  
 ING. KOTOUČEK, 13.10.98  
 Jméno, datum, podpis



Zkušební dozorčí orgán



Jméno, datum, podpis





Příloha 4 - Inspekční certifikát 3.1 pro přídavný materiál

**SANDVIK** CERTIFICATE No. A/08-812049 Rev 00  
Date 2008-09-03 Page 1/1

INSPECTION CERTIFICATE acc to EN 10 204 3.1 SANDVIK CHOMUTOV PRECISION TUBES  
V. NEZVALA 5502  
430 01 CHOMUTOV  
CZECH REPUBLIC

INSPECTION STAMP  
SCQ

<b>Customer References</b>		<b>Sandvik References</b>	
Eva Bittnerová	Customer order 2008-08-12	Order No. 20720	Subs No. 20720
332-00366	SANDCHOMUT	ABSMT No. 415-24199	C.Code 70
<b>Material description</b> STAINLESS COLD DRAWN WIRE ACC TO EN ISO 14343 WELDING WIRE TIG LENGTHS		<b>Steel/material Designations</b> Sandvik 19.9.L AFNOR Z2CN20 10 DIN X 2 CRNI 19 9 BS 308S92	
<b>Steel making process</b> Electric furnace		AWS ER308L W.nr 1.4316 EN no 19 9 L	
<b>Technical requirements</b>			
<b>EXTENT OF DELIVERY</b>			
It	Product designation	Heat	Lot
01	R19.9.L-1.60-1000	518308	18737
			Pieces
			22
			Kg
			110.0
		Total	22
			110.0
<b>TEST RESULTS</b>			
<b>Chemical composition (weight%)</b>			
Heat	C	Si	Mn
518308	0.019	0.39	1.72
	Co	Cu	N
518308	0.046	0.15	0.055
		P	S
		0.020	0.010
		Cr	Ni
		19.72	10.14
			Mo
			0.24
Following controls/tests have been satisfactorily performed: - Visual inspection and dimensional control.			
The delivered products comply with the specifications and requirements of the order.			
The material is manufactured according to a Quality system, approved and registered to ISO 9001.			
The certificate is produced with EDP and valid without signature.			
Quality assurance - Adrian Robert/QA-manager Wire MTC Service / Certificates			
AB SANDVIK MATERIALS TECHNOLOGY Reg No. 556234-6832 VAT No. SE663000-060901 SE-81181 SANDVIKEN SWEDEN www.smt.sandvik.com mtc_service.smt@sandvik.com			

Příloha 5 – Inspekční certifikát 3.1 materiálu dna a víka

**OUTOKUMPU**

**INSPECTION CERTIFICATE 3.1**  
DIN EN 10204 3.1

Certificate No.  
Zeugnis Nr.  
N° du certificat  
**481508/001**  
Page  
Seite  
Page  
**1 (01)**  
Date Datum Date  
**02.05.08**



Delivery address, Empfänger, Lieu de livraison <b>OUTOKUMPU S.R.O.</b>		OUTOKUMPU S.R.O.	
ZAHOSTICE 39 CZ-39155 CHYNOV CZECH REPUBLIC		ZAHOSTICE 39 CZ-39155 CHYNOV CZECH REPUBLIC	
Requirements, Anforderungen, Exigences <b>AD 2000-MERKBL. W2 EN 10028-7:2007 ASTM A240/A240M -07 ASME 2007 SEC. II PART A SA-240 AD 2000-MERKBL. W2 EN 10028-7</b>		Our Order No. Unser Auftrag Nr. Notre commande n° <b>33703</b>	Your order, Ihre Bestellung, votre commande <b>302106</b>
Product, Erzeugnisform, Produit <b>COIL, STAINLESS STEEL</b>		Mark of Manufacturer Zeichen des Lieferanten Signe de producteur <b>OUTOKUMPU</b>	Process Erschmelzungsart Mode de fusion <b>ACD</b>
Grade, Werkstoff, Nuance <b>1.4307 TYPE 304L 1.4301</b>		Tolerances Toleranzen, Tolérances <b>EN ISO 9445 : 2006</b>	
Marking, Kennzeichnung, Marquage <b>1.4307 2B</b>		Marks, Versandzeichen, Marques <b>302106</b>	
Line Reihe Ligne	Item Position Poste	Charge-test No. Schmelz-Probé Nr. Coulée n°	Size, Abmessungen, Dimensions
1	5	69998 4	3,0 X 1000 MM
		Weight, Gewicht, Poids <b>10060 KG</b>	Finish Ausführung Fini <b>2B</b>
Chemical composition, Chemische Zusammensetzung, Composition chimiques			
Charge no. Schmelz Nr. Coulée n°	C %	Si %	Mn %
	0,023	0,38	1,64
	0,030	0,002	18,2
	8,2	0,053	
Mechanical properties, Mechanische Eigenschaften, Caractéristiques mécaniques			
Line Reihe Ligne	Location Ort Lieu	Rp0.2 N/mm²	Rp1.0 N/mm²
1	E	332	366
		621	59
		54	184
Hardness Härte Dureté <b>HB30</b>		APPROVED ACC. TO AD 2000 MERKBLATT W2 WITH RE- NOUNCE OF COUNTERSIGN- MENT. CERTIFIED ACC. TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97/23/EC BY TUV CERT-CERTIFICATION BODY FOR PRESSURE EQUIP- MENT OF THE TUV NORD SYSTEMS GMBH & CO. KG; NOTIFIED BODY, REG.-NO. 0045	
Identify test, Verwechslungsprüfung, Contrôle d'identification Size, Abmessungen, Dimensions Surface, Oberfläche, Surface Test of intergran. coros., Prüfung auf intergran. Korros., Test de coros. intercost		OK OK OK	
EN ISO 3651-2 A: OK		A = Beginning / Anfang / Début E = End / Ende / Fin	
ASTM A240/A240M -07 ASME 2007 SEC. II PART A SA-240 TYPE 304		We certify that the above mentioned products comply with the terms of the order contract. Wir bestätigen, dass die Lieferung den Vereinbarungen der Bestellannahme entspricht. Nous certifions que les produits énumérés ci-dessus sont conformes aux prescriptions de la commande.	
		This test certificate is made by controlled ADP-system and is valid without signature. Dieses Zeugnis wurde von einem überprüften Datenver- arbeitungssystem erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Ce certificat a été établi par un système informatique contrôlé et est valide sans signature.	
		Otokumpu Stainless Oy <i>Susanna Siukonen</i> Authorized inspector Verkaufschwerfächer Inspecteur autorisé <b>SUSANNA SIUKONEN</b>	
		FIN-00400 Tammio, Finland Tel: +358 16 4521 Fax: +358 15 452 350, www.otokumpu.com Domicile Tammio, Finland Business Identity Code 0923315-4	

**BLA**  
Blatt-er s.r.o., Dubeká 994, 272 03 Kladno-Dubí  
tel.: 312 645 691 IC: 285 15 480  
fax: 312 645 693 DIC: CZ 385 15 480  
e-mail: blatt-er@blatt-er.cz

VÝROB. MATERIÁL PRO DNO Ø 700/3  
ZAHOSTICE 39, NÁVĚŠTĚVY - 09/01/0006


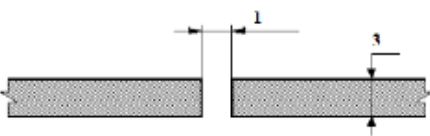
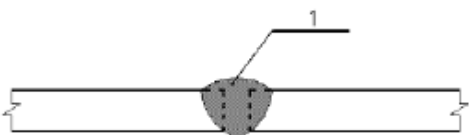


# Priloha 6 – Inspekční certifikát 3.1 materiálu pláště


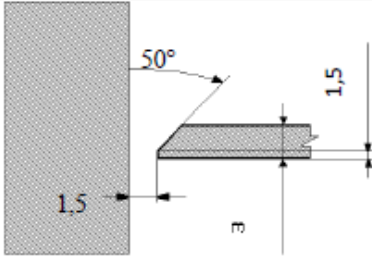
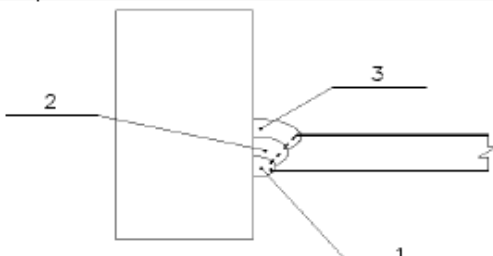
		Bolla/N°B/DL N°/Lief. 22706		N° Certificat./Pruf N° 95542		Produttore/Usine producs./Manufact./Hersteller UA AM SA	
ArcelorMittal – Stainless Service Poland Sp. z o.o. ul. Henryka Krupianka 97 41-103 Siemianowice Śląskie 1				<b>CONTROL STATEMENT (1)</b> ACCORDING TO 10204 PARAGRAPH 4 Texte cert. conform. 3 - fcc3 Texte cert. conf. 4 - fcc4 Texte type cert. conformit dit - fctc			
Prodotto/Erzeugnisform Product/Produkt				SHEET 4307 18-9L 304L 3,8 X 1500,0 X 3000,0			
Cliente a/o destinatario - Client a/o destinataire - Besteller und/oder Empfänger Archiser and/or Consignee ARCELORMITTAL DISTRIBUTION CZE				N° ordine cliente - Votre référence - Ihre Aufstrag Nr - Your reference 2009010067			
Qualità e specifiche tecniche - Nuance et spécifications techniques - Stalsorte und Prüfbedingungen - Quality and Specifications							
307 18-9L 304L							
Stato di fornitura - Etat de livraison - Lieferzustand - As delivered (1)				Stato metallurgico - Etat métallurgique - Heat treatment condition - Lieferzustand			
CR ANNEALED 2B							
Conferma d'ordine cusé de réception Auftragsbest N° Acknowledgment N°		Posizione N° Poste Post Nr Item N°		N° lotto interno N° de lot interne Interne los Nr Internal batch N°		Profilo Profil Profile Shape	
202024838		3		0103902		SHEET	
Dimensione Dimension Abmessung Size		3,000 1500,000 3000,00		Tolleranza Tolérance Toleranz Tolerance		Lunghezza Longueur Länge Length	
1070,000							
Cella de coulee Armaz N°		Lotto fornitore Lot producteur Lieferant los Master batch		Trazione - Traktion - Zugversuch - Tensile test Lim. di snervamento Limite d'Elasticité Streckgrenze Yield Strength		Carico di rottura Résistance tract. Zugfestigkeit Tensile strength	
				0.2 % 1 %		RM AL	
				RP02 RP1 N/M N/M		RM AL	
9134		64839		302 350 628 62		84	
9134		64839		C SI MN P S N CR CU		0,019 0,460 1,390 0,029 0,003 0,070 18,050 0,300	
9134		64839		NI		8,080	
Test: (1 = OK)							
9134		64839		C.INT = Corrosione Intergranul SCHL. = Schläclamento		EDD.C = Controllo non distrutt FLANG = Flangitura	
				P.PN. = Prova pneumatica REVFL = Applatt. saldatura (Re		C.MES = Contr. animescolament P.RET = Essai de retournement	
AISI304L AISI304 2B ASTM A 240 07 MILL CERTIFICATE BS EN 10 RECEPTION NF EN 10204/3.1 ABNAHMEPRUEFZEUGNIS DIN EN 10204 invernemen mit dem TV SD - Auf Gegenzeichnung wird verzi dance with TV SD - Verification is not required Etabli en							
Note - Notes - Remarques - Bemerkungen							
Le 25.02.09 Signature de l'inspecteur  Resp. controllo qualità Resp. contrôle qualit Resp. kontrola jakosci Resp. kontrola kalita							
Controllo marcatura, visivo e dimensionale: soddisfacente. Si certifica che i prodotti sopra descritti sono conformi alle prescrizioni dell'ordine Analyse chimica à copie conforme à celle présente sur le certificat du producteur Contrôle de marquage, d'aspect et de dimensions satisfaisant. Nous certifions que le présent document reproduit avec exactitude les données du certificat producteur. L'analyse chimique a été relevée du certificat de la matière première. Bezeichnung, besichtigung und ausmessung: Ohne beanstandung. Wir bestätigen hiermit dass die obengenannten erzeugnisse den bestellung vorschritten sprechen. Die chemische zusammensetzung entspricht den lieferanten analyse.							




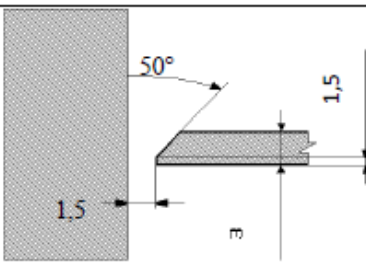
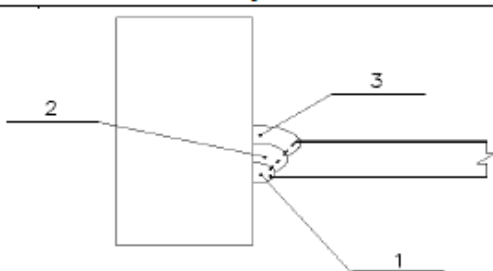
## Příloha 7 – WPS I svaru

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)				Strana: 1		
				Celkem: 1		
				Revize č.: 1		
1. Výrobce : Fakulta strojního inženýrství Vysoké učení technické v Brně Technická 2896/2 616 69 Brno		10. Zkušební organizace : TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 1 617 00 Brno				
2. Místo : Blučina		11. Způsob přípravy úkosu : obrábění, broušení				
3. Číslo doložky (WPS) : 1/2013/VS		12. Způsob čištění : odmaštění				
4. Číslo WPQR : —		13. Specifikace základních materiálů				
5. Číslo zkušební kusu : —		- materiál 1 : AIS1304				
6. Kvalifikace svařeče : —		- materiál 2 : —				
7. Metoda svařování : 141		14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 3				
8. Druh svaru : BW		15. Vnější průměr [mm] : D > 500				
9. Údaje o přípravě svarových ploch : —		16. Poloha svařování : PA				
17. Tvar spoje II		18. Rozměry	19. Postup svařování			
		a [mm]				
		b [mm]				
		c [mm]				
		α [°]				
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	141					
23. Průměr přídav. mater. [mm] - Ø	1.6					
24. Svařovací proud [A]	130					
25. Svařovací napětí [V]	15					
26. Druh proudu a polarita	ss (DC)-					
27. Přenos kovu přídavného materiálu						
28. Rychlost podáv. drátu [m.min <sup>-1</sup> ]						
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min <sup>-1</sup> ]						
30. Tepelný příkon [J.cm <sup>-1</sup> ]	5070					
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: ER 308L						
32. Předpis pro sušení : —		42. Údaje o podložném kroužku : —				
33. Ochranný plyn / tavítko : - ochranný plyn [l.min <sup>-1</sup> ] : Ar 4.6 (8-12) - ochrana kořene [l.min <sup>-1</sup> ] : Ar 4.6 (8-12)		43. Další informace : Rozkryv - amplituda : - frekvence a doba prodlevy : Rozkryv (max. šířka housenky) :				
34. Wolfram. elektroda, druh/průměr : WC/2,4		44. Údaje pro pulzní svařování : —				
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene: Formovací plyn		45. Údaje pro plazmové svařování : —				
36. Teplota předehřevu [°C] : —		46. Úhel nastavení hořáku : 10°				
37. Interpass teplota [°C] : 150°C		47. Druh automatu a svař. hlavy : —				
38. Tepelné zpracování / stárnutí : —		48. Prokování svaru : —				
39. Doba, teplota, postup : —		49. Poznámky : Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite				
40. Rychlost ohřevu a chlazení : —						
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] : —						
50. Výrobce Staněk Vít		52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace				
51. datum, jméno, podpis a razítko svařečského dozoru		53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu				


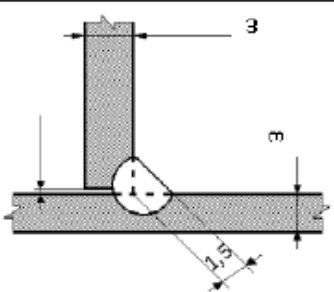
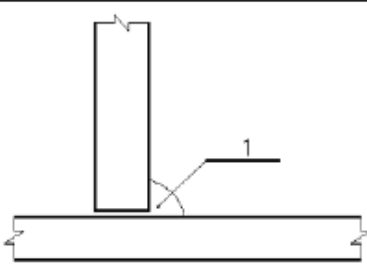
Příloha 8 – WPS V svaru

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)						Strana: 1 Celkem: 1 Revize č.: 1
1. Výrobce : Fakulta strojního inženýrství Vysoké učení technické v Brně Technická 2896/2 616 69 Brno			10. Zkušební organizace : TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 1 617 00 Brno			
2. Místo : Blučina			11. Způsob přípravy úkosu : obrábění, broušení			
3. Číslo dokladu (WPS) : 3/2013/VS			12. Způsob čištění : odmaštění			
4. Číslo WPQR : —			13. Specifikace základních materiálů			
5. Číslo zkušebního kusu : —			- materiál 1: AISI304			
6. Kvalifikace svářeče : —			- materiál 2: —			
7. Metoda svařování : 141			14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 3			
8. Druh svaru : BW			15. Vnější průměr [mm] : D > 500			
9. Údaje o přípravě svarových ploch : —			16. Poloha svařování : PA			
17. Tvar spoje V			18. Rozměry		19. Postup svařování	
			a [mm]			
			b [mm]			
			c [mm]			
			α [°]			
			—			
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	141	141	141			
23. Průměr přídav. mater. [mm] - Ø	1.6	1.6	1.6			
24. Svařovací proud [A]	90	110	130			
25. Svařovací napětí [V]	15	15	15			
26. Druh proudu a polarita	ss (DC) -	ss (DC) -	ss (DC) -			
27. Přenos kovu přídavného materiálu						
28. Rychlost podáv. drátu [m.min <sup>-1</sup> ]						
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min <sup>-1</sup> ]						
30. Tepelný příkon [J.cm <sup>-1</sup> ]	3	4290	5070			
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: ER 308L						
32. Předpis pro sušení : —			42. Údaje o podložním kroužku : —			
33. Ochranný plyn / tavičlo : - ochranný plyn [l.min <sup>-1</sup> ] : Ar 4.6 (8-12) - ochrana kořene [l.min <sup>-1</sup> ] : Ar 4.6 (8-12)			43. Další informace : Rozkryv - amplituda : — - frekvence a doba prodlevy : — Rozkryv (max. šířka housenky) : —			
34. Wolfram elektroda, druh/průměr : WC/2,4			44. Údaje pro pulzní svařování : —			
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene: Formovací plyn			45. Údaje pro plazmové svařování : —			
36. Teplota předehřevu [°C] : —			46. Úhel nastavení hořáku : 10°			
37. Interpass teplota [°C] : 150°C			47. Druh automatu a svař. hlavy : —			
38. Tepelné zpracování / stárnutí : —			48. Prokování svaru : —			
39. Doba, teplota, postup : —			49. Poznámky : Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite			
40. Rychlost ohřevu a chlazení : —						
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] : —						
50. Výrobce Staněk Vít			52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace			
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru			53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu			

Příloha 9 – WPS ½ V svaru

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)						Strana: 1 Celkem: 1 Revize č.: 1
1. Výrobce: Fakulta strojního inženýrství Vysoké učení technické v Brně Technická 2896/2 616 69 Brno			10. Zkušební organizace: TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 1 617 00 Brno			
2. Místo: Blučina			11. Způsob přípravy úkosu: obrábění, broušení			
3. Číslo dokladu (WPS): 3/2013/VS			12. Způsob čištění: odmaštění			
4. Číslo WPQR: —			13. Specifikace základních materiálů			
5. Číslo zkušebního kusu: —			- materiál 1: AISI304			
6. Kvalifikace svářeče: —			- materiál 2: —			
7. Metoda svařování: 141			14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 3			
8. Druh svaru: BW			15. Vnější průměr [mm]: D > 500			
9. Údaje o přípravě svarových ploch: —			16. Poloha svařování: PA			
17. Tvar spoje			18. Rozměry		19. Postup svařování	
			a [mm] — b [mm] — c [mm] — α [°] —			
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	141	141	141			
23. Průměr přídav. mater. [mm] - Ø	1.6	1.6	1.6			
24. Svařovací proud [A]	90	110	130			
25. Svařovací napětí [V]	15	15	15			
26. Druh proudu a polarita	ss (DC) -	ss (DC) -	ss (DC) -			
27. Přenos kovu přídavného materiálu						
28. Rychlost podáv. drátu [m.min <sup>-1</sup> ]						
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min <sup>-1</sup> ]						
30. Tepelný příkon [J.cm <sup>-1</sup> ]	3	4290	5070			
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: ER 308L						
32. Předpis pro sušení: —			42. Údaje o podložním kroužku: —			
33. Ochranný plyn / tavidlo: —			43. Další informace: Rozkryv - amplituda: —			
- ochranný plyn [l.min <sup>-1</sup> ]: Ar 4.6 (8-12)			- frekvence a doba prodlevy: —			
- ochrana kořene [l.min <sup>-1</sup> ]: Ar 4.6 (8-12)			Rozkryv (max šířka housenky): —			
34. Wolfram elektroda, druh/průměr: WC/2,4			44. Údaje pro pulzní svařování: —			
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene: Formovací plyn			45. Údaje pro plazmové svařování: —			
36. Teplota předehřevu [°C]: —			46. Úhel nastavení hořáku: 10°			
37. Interpass teplota [°C]: 150°C			47. Druh automatu a svař. hlavy: —			
38. Tepelné zpracování / stárnutí: —			48. Prokování svaru: —			
39. Doba, teplota, postup: —			49. Poznámky: Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite			
40. Rychlost ohřevu a chlazení: —						
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm]: —						
50. Výrobce Staněk Vít			52. Zkušební orgán nebo technická dozorcí (inspekční) organizace			
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru			53. datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu			

Příloha 10 – WPS koutového svaru

Specifikace postupu svařování „WPS“ dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)				Strana: 1		
				Celkem: 1		
				Revize č.: 1		
1. Výrobce : Fakulta strojního inženýrství Vysoké učení technické v Brně Technická 2896/2 616 69 Brno		10. Zkušební organizace : TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 1 617 00 Brno				
2. Místo : Blučina		11. Způsob přípravy úkosu : obrábění, broušení				
3. Číslo dokladu (WPS) : 4/2013/VS		12. Způsob čištění : odmaštění				
4. Číslo WPQR : —		13. Specifikace základních materiálů				
5. Číslo zkušební kusy : —		- materiál 1 : AISI304				
6. Kvalifikace svářeče : —		- materiál 2 : —				
7. Metoda svařování : 141		14. Svařovaná tloušťka [mm]: t = 2				
8. Druh svaru : FW		15. Vnější průměr [mm] : D > 30				
9. Údaje o přípravě svarových ploch : —		16. Poloha svařování : PA				
17. Tvar spoje 		18. Rozměry	19. Postup svařování 			
		a [mm]				
		b [mm]				
		c [mm]				
		α [°]				
20. Parametry pro svařování						
21. Svarová housenka	1	2	3	4	5	6
22. Metoda svařování	141					
23. Průměr přídav. mater. [mm] - Ø	1.6					
24. Svařovací proud [A]	130					
25. Svařovací napětí [V]	15					
26. Druh proudu a polarita	ss (DC) -					
27. Přenos kovu přídavného materiálu						
28. Rychlost podáv. drátu [m.min <sup>-1</sup> ]						
29. Rychl. posuvu pojezdu [m.min <sup>-1</sup> ]						
30. Tepelný příkon [J.cm <sup>-1</sup> ]	5070					
31. Přídavný materiál - zařazení a značka: ER 308L						
32. Předpis pro sušení : —		42. Údaje o podložném kroužku : —				
33. Ochranný plyn / tavidlo : - ochranný plyn [l.min. <sup>-1</sup> ] : Ar 4.6 (8-12) - ochrana kořene [l.min. <sup>-1</sup> ] : Ar 4.6 (8-12)		43. Další informace : Rozkryv - amplituda : — - frekvence a doba prodlevy : — Rozkryv (max šířka housenky) : —				
34. Wolfram elektroda, druh/průměr : WC/2,4		44. Údaje pro pulzní svařování : —				
35. Údaje o drážkování/podlož. kořene: Formovací plyn		45. Údaje pro plazmové svařování : —				
36. Teplota předehřevu [°C] : —		46. Úhel nastavení hořáku : 10°				
37. Interpass teplota [°C] : 150°C		47. Druh automatu a svař. hlavy : —				
38. Tepelné zpracování / stárnutí : —		48. Prokování svaru : —				
39. Doba, teplota, postup : —		49. Poznámky : Terminologie v Angličtině a Němčině viz druhá strana „English“ on second side, „Deutsch“ siehe Rückseite				
40. Rychlost ohřevu a chlazení : —						
41. Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] : —						
50. Výrobce Staněk Vít		52. Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace				
51. datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru		53. datum, jméno, podpis a razítko zkušební orgánu				